
This is the **published version** of the bachelor thesis:

Ramisa Lozano, Josep; Molina Gallart, David, dir. Variació del mantell nival al Pirineu català 1987-2010. 2014. 43 pag. (824 Grau en Geografia i Ordenació del Territori)

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/128157>

under the terms of the  license



Variació del mantell nival al Pirineu català 1987-2010

Treball de fi de grau
Josep Ramisa Lozano
Tutor: David Molina Gallart

Grau en Geografia i Ordenació del Territori
Universitat Autònoma de Barcelona
Juny 2014

RESUM

Com és sabut, el canvi climàtic està modificant el comportament dels corrents atmosfèrics degut a l'escalfament global. Les precipitacions en forma de neu que es donen als Pirineus es veuen alterades en la seva intensitat i regularitat en el temps i l'espai.

En aquest estudi es pretén valorar en termes quantitatius el grau de variabilitat que ha experimentat el gruix de neu al Pirineu català des de l'any 1987 fins al 2010, a partir de dades facilitades per la *Confederación Hidrográfica del Ebro* i del *Servei Meteorològic de Catalunya*. Els resultats s'ordenen a partir de les conques hidrogràfiques dels principals rius del Pirineu català per després analitzar-los a una escala que engloba tot el territori estudiat. Tanmateix es remarquen aquells aspectes principals del territori que poden tenir afectacions directes en relació als canvis de precipitacions al Pirineu català.

RESUMEN

Como es sabido, el cambio climático está modificando el comportamiento de las corrientes atmosféricas debido al calentamiento global. Las precipitaciones en forma de nieve que se dan en el Pirineo se ven alteradas en su intensidad y regularidad en el tiempo y el espacio.

En este estudio se pretende valorar en términos cuantitativos el grado de variabilidad que ha experimentado el grosor de nieve en el Pirineo catalán desde el año 1987 hasta el 2010, a partir de datos facilitados por la *Confederación hidrográfica del Ebro* y del *Servei Meteorològic de Catalunya*. Los resultados se ordenan a partir de las cuencas hidrográficas de los principales ríos del Pirineo catalán para después analizarlos a una escala que abarca todo el territorio estudiado. Igualmente se remarcan aquellos aspectos principales del territorio que pueden tener afectaciones directas en relación a los cambios de precipitaciones en el Pirineo catalán.

ABSTRACT

As it is known, the climate change entails changes to the atmospheric streams due the global warming. Snowfalls in the Pyrenees are altered in its intensity and reegularity within time and space.

This study wants to determine in quantitive terms the variability degree of depth snow in the Catalan Pyrenees from 1987 untill 2010 thanks to statistic data from *Confederación hidrográfica del Ebro* and *Servei Meteorològic de Catalunya*. The results are organized starting from the main hidrographic river basins of the Catalan Pyrenees and secondly in a smaller escale to analize the whole studied territory. Additionally all differents factors that can be directly affected by the rainfall changes in the Catalan Pyrenees are mentioned.

ÍNDEX

INTRODUCCIÓ	4
ESTAT DE LA QÜESTIÓ	5
CANVI CLIMÀTIC ALS PIRINEUS	5
AFECTACIONS DEL CANVI CLIMÀTIC AL TERRITORI. VISIÓ GEOGRÀFICA	5
EL TURISME, UN SECTOR PRIORITARI	5
LA GESTIÓ DELS RECURSOS HÍDRICS	7
L'AGRICULTURA	8
LA RAMADERIA	8
ELS BOSCOS	8
ELS PIRINEUS CATALANS	10
CLIMA DELS PIRINEUS CATALANS	10
CORRENTS ATMOSFÈRIQUES PROVINENTS DE L'OCEÀ ATLÀNTIC	11
ELS TEMPORALS DE LLEVANT	12
PATRONS DE VARIABILITAT CLIMÀTICA DE BAIXA FREQUÈNCIA	13
METODOLOGIA	14
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO - PROGRAMA ERHIN (1984-2008)	15
DADES RELLEVANTS	17
ADAPTACIÓ	18
SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA (SMC)	19
EQUIPARACIÓ DE DADES	20
EXTRACCIÓ DE DADES FINALS	21
RESULTATS	23
DADES CORRELACIONADES	23
DADES ERHIN	24
EL COEFICIENT DE VARIABILITAT	24
MAPES	26
PER MESOS	26
PER PERÍODES	27
DADES PER SOTA LA MITJANA	29
DADES DE TEMPERATURA DE LA MOLINA	33
DADES GENERALS	34
PROGRAMA ERHIN	35
CREAF	36
COCLUSIONS	37
ANNEX	38
DADES CORRELACIONADES	38
ESTACIONS DEL SMC	39
CONCA DE LA GARONA	39
CONCA DE LA NOGUERA PALLARESA	40
CONCA DE LA NOGUERA RIBAGORÇANA	41
CONCA DEL SEGRE	41
CONCA DEL TER	42
BIBLIOGRAFIA	43

INTRODUCCIÓ

L'anàlisi de dades de temperatura i de neu acumulada disponibles per a les tres últimes dècades ens permeten determinar certs patrons atmosfèrics que incideixen en la precipitació nival als Pirineus catalans. L'objectiu d'aquest estudi no és altre que el d'analitzar les dades facilitades per la *Confederación Hidrográfica del Ebro* i del *Servei Meteorològic de Catalunya* d'una manera exhaustiva, utilitzant mètodes estadístics que ens permetin observar canvis en el mantell nival, no contrastats científicament, però que poden ser útils per a la seva posterior teorització, basant-nos principalment en l'anàlisi de dades de gruix de neu i en menor mesura de temperatura.

De forma concreta, s'incideix especialment en el grau de variabilitat del mantell nival al llarg del període 1987 i 2010. Més enllà, es pretén trobar resultats que evidencïin un canvi en el gruix de neu al llarg dels anys, tenint en compte que l'increment de temperatures es va fent més notori. Aquest supòsit s'analitza de dues maneres. En primer terme es treballa a partir dels coeficients de variabilitat per a cada període establert (1990-1999, 2000-2010 i 1987-2010) i per a cada conca estudiada. En segon lloc s'analitzen en més profunditat aquestes dades amb l'objectiu de reafirmar-les a partir dels registres mensuals i hivernals que no assoleixen la mitjana mensual i hivernal. Finalment, les dades de temperatura també pretenen ser analitzades amb l'objectiu de recolzar els resultats extrets.

Tanmateix es fa una petita incisió en patrons atmosfèrics de baixa freqüència, en especial la North Atlantic Oscillation (NAO), per tal de relativitzar els resultats extrets, ja que aquests poden estar condicionats per aquests patrons.

Des d'una perspectiva geogràfica, l'estudi cita aquells aspectes que poden veure's afectats pels canvis en la precipitació en forma de neu. L'economia dels Pirineus es basa principalment en el sector dels esports d'hivern i és evident que un possible descens en la precipitació de neu pot afectar greument la viabilitat del model. Endemés, la gestió de l'aigua i l'accés al recurs per al consum domèstic i industrial també pot ser un greu problema en els anys futurs.

Valorar tots aquests aspectes a partir dels resultats obtinguts permetrà adoptar una visió general de la importància en l'evolució del mantell nival. Així, aquest estudi pretén en última instància, ser d'utilitat per a estudis posteriors que puguin pronosticar afectacions sobre el territori del Pirineu català i la seva població, valor paisatgístic i icona del país que entre tots s'ha de cuidar i respectar.

ESTAT DE LA QÜESTIÓ

CANVI CLIMÀTIC ALS PIRINEUS

Les investigacions i observacions sobre el canvi climàtic van mostrar un increment de 0,74°C de la temperatura mitjana en la superfície de la terra durant el període 1906-2005. Aquest increment, particularment marcat des de 1976, s'acompanya d'una major variabilitat climàtica i l'augment de fenòmens meteorològics extrems (precipitacions intenses, inundacions, onades de calor, sequeres) que s'acceleraran en les pròximes dècades. Si bé la magnitud d'aquest fenomen és global, els seus efectes es manifesten de manera diferent en cada continent. Per a Europa, la majoria dels models climàtics prediuen un escalfament i una disminució en les precipitacions d'estiu particularment marcada en el sud i l'augment de la precipitació d'hivern, més pronunciat en el nord (més abundant en un curt període de temps).

Identificats com especialment sensibles pel Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC), les zones de muntanya estan en primera línia per a veure els efectes del canvi climàtic, com són el retrocés de les glaceres que reflecteixen tant els canvis de temperatura com els canvis hidrològics. Les glaceres pirinenques s'han vist particularment afectades ja que la seva superfície ha disminuït en un 85% des de la Petita Edat de Gel (del 1550 a 1850) fins a l'actualitat.

Per a finals del segle XXI, el Consell Superior d'Investigació Científica d'Espanya (Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique, 2012: 4) preveu un augment de les temperatures d'entre 2,8 i 4°C en els Pirineus així com una disminució de les precipitacions d'entre el 10,7 i el 14,8%. Es preveu concretament que el vessant espanyol dels Pirineus es vegi més afectat que el vessant francès.

AFECTACIONS DEL CANVI CLIMÀTIC AL TERRITORI. VISIÓ GEOGRÀFICA

Es destaquen aquells aspectes més representatius de la incidència del canvi climàtic en relació a les variacions sobre la precipitació en forma de neu al llarg de l'hivern. Aspectes com els ecosistemes i la biodiversitat, la indústria i l'energia, la planificació territorial, urbanística i de transport, o la salut humana, també es veuran afectats pel canvi climàtic¹.

El turisme, un sector prioritari

Els esports d'hivern són la columna vertebral de l'economia turística dels Pirineus. Aquestes activitats són altament dependents de les condicions climàtiques: les baixes temperatures i precipitacions regulars són essencials per a la cobertura de neu natural. Les temperatures baixes són necessàries per a mantenir la cobertura de neu i la producció artificial de la mateixa (les temperatures necessiten ser més baixes quan el grau d'humitat és alt). L'augment de les temperatures mitjanes és desfavorable pel

¹ Per a una informació més detallada, vegeu http://www.opcc-ctp.org/images/espacedocumentaire/publications/ADAPTATION/adaptacion_sintesisfinal_definitiva.pdf

manteniment dels esports d'hivern. Tot i així, és difícil avaluar les conseqüències de la disminució prevista en la mitjana de precipitacions degut a la seva important variabilitat espacial i temporal en els Pirineus. Les conseqüències sobre el territori i les activitats són variades, segons la situació geogràfica i l'altitud de les estacions d'esquí, com ho il·lustra la Figura 1. Segons els resultats de les simulacions del projecte SCAMPEI², la disminució del nombre de dies amb mantell nival en relació a la situació actual en els Pirineus seria de l'ordre de 25 a 55 dies per any pel 2030 i de l'ordre de 50 a 100 dies a l'horitzó 2080.

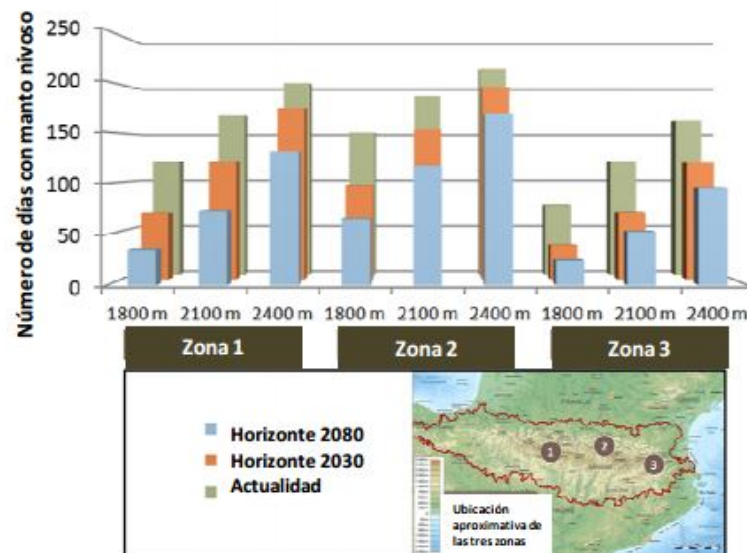


FIGURA 1: Evolució del mantell nival a 1800, 2100 i 2400 metres d'altura per a tres zones pirinenques.
FONT: ACTeon, 2012 a partir de les dades del projecte SCAMPEI)

En el seu conjunt, el canvi climàtic pot comportar una pèrdua d'atractiu per a la pràctica dels esports d'hivern, així com un augment en el cost d'operació de les estacions d'esquí per l'ús més freqüent de canons de neu, particularment en les àrees de menor altitud de les estacions.

Altres activitats turístiques sobretot aquelles relacionades amb la natura (senderisme, ciclisme, escalada, etc) i activitats aquàtiques (ràfting, kayaking, pesca, etc) depenen d'una gran varietat de recursos naturals i culturals (paisatge, cursos d'aigua, llacs, topografia, etc.) i són menys vulnerables als canvis climàtics previstos. Encara que certes activitats que depenen de cursos d'aigua poden ser afectades per les sequeres i el desgel precoç, són moltes les obres i repeses que mantenen un flux mínim en estiatge i poden limitar els seus efectes en certs casos.

La diversitat i la resiliència d'aquestes activitats són un avantatge enfront un context en continu canvi. No obstant el seu desenvolupament i visibilitat poden veure's obstaculitzats per la gran dispersió dels actors i la seva dèbil organització col·lectiva.

En conclusió, el sector turístic és un sector a seguir de prop en el context del canvi climàtic, no només perquè és vulnerable, sinó també en part perquè les opcions per a reduir la vulnerabilitat del sector poden generar altres beneficis (equilibri entre

² Projecte que pretén oferir una anàlisi específica sobre el Canvi Climàtic a les regions de muntanya de França. Per a més informació vegeu http://www.cnrn.meteo.fr/scampe/presentation_scampe/index.php

territoris, conscienciació sobre la conservació dels recursos naturals, etc.) (Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique, 2013: 10,11)

La gestió dels recursos hídrics

L'aigua és un recurs omnipresent als Pirineus. Abundant, alimenta a les poblacions i és necessària per a moltes activitats (agricultura, generació d'energia, esports d'hivern, abastament d'aigua potable, termalisme, esports aquàtics, etc.). Gran part dels recursos hídrics també subministren a conques hidrogràfiques més importants aigües avall (Ebre i conques internes catalanes: Ter i Llobregat).

Els Pirineus es caracteritzen també, per un sistema d'aigua subterrània important. L'aigua en totes les seves formes és igualment, l'hàbitat de molts ecosistemes.

Tenint en compte les diferents projeccions disponibles de canvi climàtic, tindrà impactes significatius en el recurs hídric dels Pirineus i en el règim de cabals dels rius. Per a l'any 2060 es preveuen reduccions del 20 al 40% del cabal de la Garona, de fins el 35% pels cursos fluvials catalans (ACA, 2009) i del 20% del cabal de l'Ebre (CHE, 2005). La variabilitat estacional dels cabals també hauria de canviar (desgel més precoç i ràpid, estiatges més severes). El subministrament d'aigua potable per a consum humà dels 5 milions d'habitants de l'àrea metropolitana de Barcelona es veurà afectat per la disminució del cabal del Ter i del Llobregat.

Per altra part, el canvi climàtic podria augmentar les necessitats d'aigua per alguns usos, particularment en el cas del rec. La conca de l'Ebre té una superfície molt important de regadiu i la producció d'aliments més important d'Espanya.

L'increment de la temperatura i de les onades de calor tindran un efecte directe en l'increment de la demanda d'aigua juntament a un major consum d'energia. Aquest major consum d'energia es veurà fortament compromès degut a la reducció de la producció d'energia hidroelèctrica, especialment durant els períodes de cabals baixos. La producció d'energia hidroelèctrica en el Pirineu català, per exemple, va caure un 40% entre l'any 2003 i 2007 respecte a la seva producció mitjana (Institut Català d'Energia).

En conclusió, els impactes del canvi climàtic sobre els recursos hídrics disponibles, els règims hídrics, la qualitat de l'aigua i la demanda potencial d'usuaris, podrien portar a una situació de gran tensió en algunes àrees i al debilitament dels ecosistemes aquàtics. Algunes conques situades aigües avall dels Pirineus seran les més afectades. La capacitat d'adaptació dels sistemes humans depèn de la consideració d'aquests efectes per part de les entitats responsables de la gestió de l'aigua en diferents conques (CHE i ACA) (Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique, 2013: 15)

L'agricultura

És una activitat relativament important dels Pirineus. Aquest sector d'activitat depèn directament del clima i per tant, és especialment vulnerable al canvi climàtic, degut a:

- Un augment del risc de pèrdua de collites per episodis més freqüents de sequeres i altes temperatures.
- Un augment de la necessitat d'aigua per al risc agrícola per a satisfer les creixents necessitats de les plantes arrel de l'evapotranspiració en un context de pressió sobre un recurs d'aigua potencialment menys disponible.
- L'ampliació d'incidència geogràfica d'algunes plagues que requereixen d'un enfortiment dels controls.

Però l'agricultura també pot beneficiar-se d'alguns efectes positius del canvi climàtic que poden traduir-se en:

- Un creixement més accelerat de les plantes gràcies a les altes temperatures mitjanes i una major concentració de CO₂ en l'atmosfera.
- Una reducció de les limitacions de l'ús de maquinària agrícoles degut a una reducció en el número de dies de pluja, especialment en època de collita.
- Una disminució en la prevalença d'alguns paràsits sensibles a la calor i la sequera.

(Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique, 2012: 8)

La ramaderia

Amb la seva ben establerta importància en la cultura i paisatges pirinencs, segueix sent un sector econòmicament fràgil. Per a alguns sistemes de producció el canvi climàtic podria arribar a ser una oportunitat.

L'augment de la temperatura comportaria una major productivitat dels prats, permetria incrementar la duració del pasturatge en els terrenys de major altitud. Tot i així certs sistemes de pasturatge hauran d'enfrontar-se a sequeres més freqüents. També, podria causar un canvi en la parasitologia al qual la indústria pot ser vulnerable, però al qual també pot adaptar-se. (Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique, 2012: 8)

Els boscos

Els boscos són una part important dels Pirineus, ja que cobreixen el 54% del Massís. Si bé només una part dels boscos pirinencs són explotats per la seva fusta, aquests tenen múltiples funcions essencials per a la població local, els visitants (funcions de paisatge i recreatives) i el manteniment de la biodiversitat. A més, els boscos juguen un paper positiu en contra l'erosió dels sòls o en la reducció de l'impacte de cons de dejecció.

Des de la perspectiva forestal, el canvi en els patrons de precipitacions i les temperatures podrien afectar la productivitat d'aquest sector i fer-lo més vulnerable. Per tant, degut als cicles temporals propis d'aquesta activitat, el canvi climàtic ha de tenir-se en compte a dia d'avui, sobretot respecte a la selecció d'espècies a plantar, orientant-se cap a espècies millor adaptades al clima futur i a canvis en la distribució geogràfica dels paràsits.

La gestió de les zones forestals també ha de ser redissenada per a reduir el risc d'incendis, incloent la intensitat i la freqüència de l'augment de les temperatures.

(Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique, 2013: 13,14)

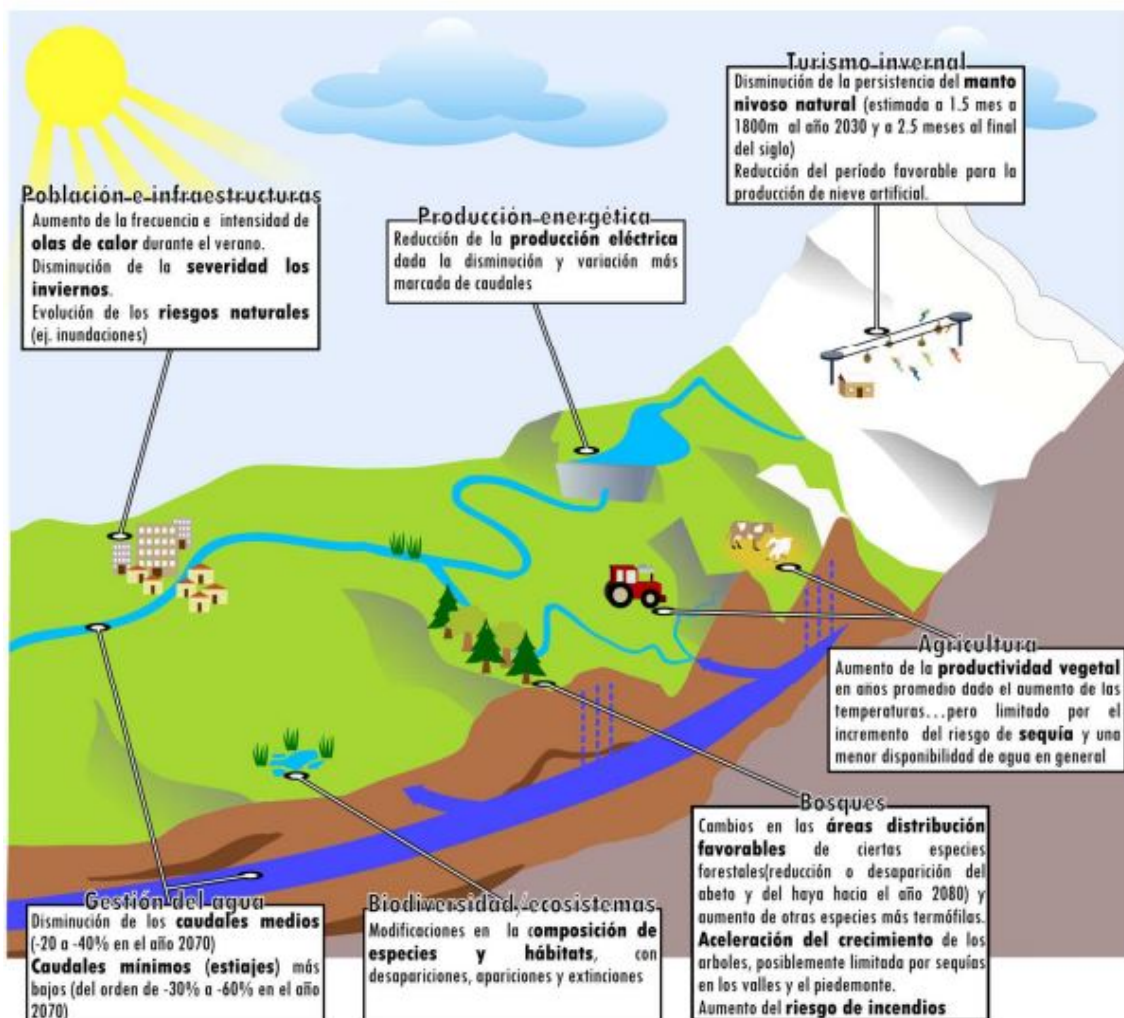


Figura 2: Principals conseqüències del canvi climàtic als Pirineus. FONT: (Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique, 2013: 22)

ELS PIRINEUS CATALANS

El Pirineu català, la unitat de relleu més important de Catalunya, s'estén al llarg de 220km., això és, gairebé la meitat dels 435 km de longitud que té en el seu conjunt la serralada Pirinenca, amb una amplada que oscil·la entre els 150 km en la seva part central i els 10 km de l'Albera, ja al marge del Mediterrani. Ocupa una superfície aproximada de 12000 km², gairebé un terç del territori català, i inclou, a grans trets, tres grans unitats de relleu, cadascuna de les quals tenen formes d'assentament i d'explotació diferents, com a conseqüència de la diversitat d'elements estructurals, litològics i climàtics que les caracteritzen: El Pirineu axial, el Prepirineu i les depressions intermèdies.

- El Pirineu axial constitueix l'eix i el nucli de la serralada, fet pel qual és on s'enregistren les majors elevacions. Amb una alineació Est-Oest, es compon majoritàriament de materials granítics i esquists que han patit una intensa erosió, donant com a resultat valls glacials rodejades de forts pendents.
- El Prepirineu, l'altra gran unitat de relleu pirinenca, presenta un fort contrast amb l'anterior. Les serres que el formen es componen majoritàriament de materials calcaris, amb plegaments travessats per estrets congostos oberts pels rius. Assoleix una altitud molt menor, no sobrepasant, amb excepció de pocs casos, els 2.500 m. El seu relleu ha estat determinat per l'acció dels rius, els quals segueixen un curs nord-sud, perpendicular a l'eix de plegament de la serralada. Les aigües, doncs, van tallar transversalment les muntanyes prepirinenques, obrint una sèrie de petites conques, separades unes de les altres per trams d'estrets congostos; això incideix especialment en les comunicacions, dificultant els desplaçaments transversals. En la part occidental de la serralada, les muntanyes prepirinenques assoleixen una amplitud de gairebé 60km., amb dues alineacions muntanyoses separades per una depressió interior: les serres interiors, més extenses i elevades, i les serres exteriors, paral·leles a les anteriors però d'altituds molt més moderades.
- Les depressions intermèdies, finalment, se situen entre ambdues serres prepirinenques. La Conca de Tremp, la més característica, constitueix una depressió llarga i estreta que es prolonga cap al Prepirineu aragonès. Es tracta d'una ampla conca d'erosió, recoberta de materials tous i subjecta a un clima mediterrani de tendència continental.

(Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente. Publicaciones y documentación)

CLIMA DELS PIRINEUS CATALANS

Tot i ser una unitat morfològica, els Pirineus no constitueixen cap unitat climatològica. Per una part, com a conseqüència de la circulació atmosfèrica a gran escala i de les influències marítimes atlàntica i mediterrània, existeixen dues grans zones climàtiques a ambdós costats de la línia divisòria de les aigües, amb una bipolaritat que es reflecteix clarament en la pluviometria i en la vegetació. Per altra part, les diferències

d'altitud, les influències de l'exposició solar i de les situacions d'abric, juntament amb els matisos del cicle anual de precipitacions, donen com a resultat una multiplicitat de microclimes que es tradueixen en una gran riquesa d'interaccions ecològiques.

En el territori pirinenc català es pot parlar de cinc grans climes. El clima atlàntic es localitza exclusivament a la Vall d'Aran, al vessant atlàntic, caracteritzant-se per ser molt més plujós i humit que el vessant mediterrani, amb temperatures fresques, nevades freqüents i precipitacions repartides al llarg de tot l'any. Així, a Vielha, es registra una precipitació mitjana de 918,9 mm anuals i una temperatura mitja de 9,7°, amb una mitjana mensual que oscil·la entre els 2,9° de gener i els 17,6° de juliol. La humitat constant ha afavorit la persistència d'una vegetació verda i d'abundants zones de pastura. Els climes alpi i subalpi es redueixen als cims i altes valls, caracteritzant-se per una pluviositat molt elevada (per exemple, 1308 mm anuals a l'Estany Gento, a 1890 m) i una temperatura mitja anual molt baixa (3,4° en el mateix observatori).

El subalpi es dona entre els 1500 i els 2300 m d'altitud, i l'alpi per sobre dels 2300 m. El clima mediterrani d'alta muntanya, localitzat en la major part de les comarques del Pirineu català, pot considerar-se com una degradació del clima subalpi, amb menors precipitacions i neu, i una forta amplitud tèrmica. Tot i el seu caràcter mediterrani, els estius registren precipitacions importants, superiors a les de l'hivern. Amb tot, trobem importants diferències pluvio-tèrmiques en funció de l'altitud i de la localització, com les que es donen entre les localitats de Llavorsí (815 m; Pallars Sobirà; 719 mm y 10,0°) i de Camprodon (950 m; Ripollès; 1.156 mm i 9,2°). El clima mediterrani de muntanya mitja i baixa, finalment, només es dona en el Prepirineu més meridional, caracteritzant-se per un estiu marcadament sec tot i que l'altitud determina un increment de precipitacions en relació a les planes veïnes. En general, les precipitacions anuals són inferior als 700 mm i la temperatura mitjana se situa entre els 12 i 13° C.

(Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente. Publicaciones y documentación)

Corrents atmosfèriques provinents de l'oceà Atlàntic

La situació latitudinal fa que Catalunya es trobi sota la influència dominant dels vents de ponent en la franja de pas de les depressions atlàntiques, originades pel contacte de les masses d'aire polar i tropical. Aquestes borrasques ens travessen dues vegades l'any per la tardor i la primavera.

A l'estiu les borrasques passen per latituds més altes perquè l'aire tropical s'estén fins més al nord i a l'hivern per latituds més baixes, perquè l'aire es retira més al sud. A l'estiu i a l'hivern, la Península Ibèrica i per tant Catalunya, queden sovint sota la influència dels anticiclons que determinen el temps sec. (Estalella, 2000: 1)

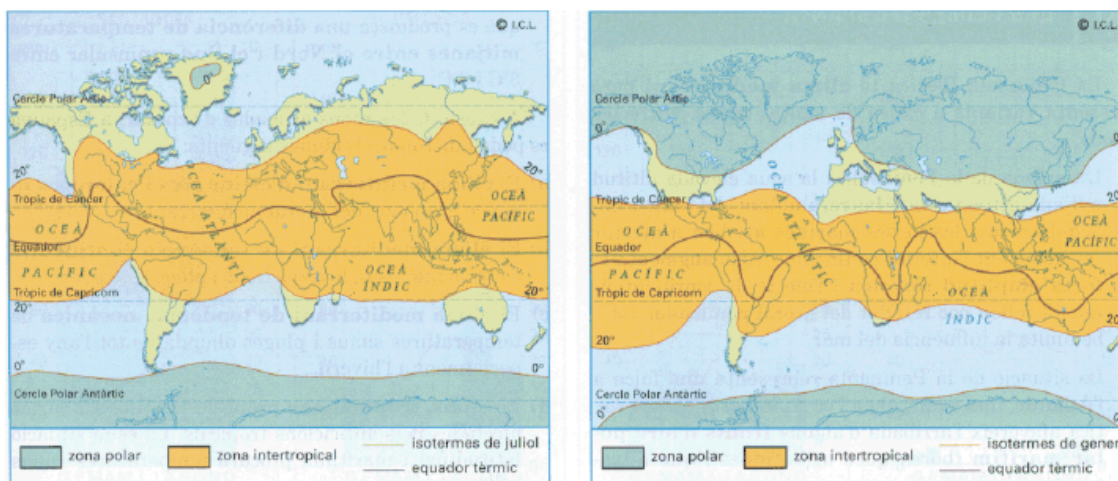


Figura 3: Zones climàtiques de la terra als mesos de juliol i gener. (Estalella, 2000: 1)

Els Pirineus, a l'estendre's aproximadament d'Oest a Est, des del Cantàbric fins al Mediterrani, permet que les masses d'aire procedents d'ambdós mars influeixin en el seu clima, però ho fan amb diferent intensitat:

- Les masses d'aire de l'Atlàntic i Cantàbric són les que més afecten als Pirineus, doncs les impulsen els vents dominants de l'oest. Són humides i temperades o fredes segons la latitud de procedència. Amb freqüència escombren tota la serralada, essent la seva influència major en el sector occidental (Pirineu navarrès i sector occidental de l'aragonès) i en menor mesura en l'oriental.
- Les masses d'aire del Mediterrani afecten menys, i quan ho fan, sovint arriben al Pirineu Català i la zona oriental de l'aragonès.

En el cas concret del Pirineu Català, l'orientació meridional i més pròxima al mar Mediterrani provoca que les masses atlàntiques vagin perdent influència a mesura que avancen des de l'oest cap a l'est, i per tant el clima es va continentalitzant en aquest sentit. Així, la Vall d'Aran, orientada a nord, i la franja nord del Pallars Sobirà, és l'única zona del Pirineu català que rep fortes influències dels vents de l'oest. A mesura que ens apropem als Pirineus més orientals, aquesta influència només es percep amb profundes depressions que tot i creuar la gran massa terrestre que la separa del mar cantàbric, deixa precipitacions moderades (Melendo, 2000).

Els temporals de Llevant

La mediterrània occidental, a mig camí del món polar i tropical, és un racó amb molta activitat ciclogènica, molt propens a crear o fer créixer depressions. Aquesta peculiaritat és deguda, principalment, al fet d'ésser un mar càlid i envoltat de muntanyes altes. L'explicació de les llevantades cal cercar-la en un tipus concret de ciclogènesi: l'anomenada d'Argèlia, per la qual una depressió al Golf de Cadis pot endinsar-se cap a la Mediterrània i aprofundir-se extraordinàriament. Aquest tipus de ciclogènesi es dona en èpoques on la insolació encara (tardor) o ja (primavera) és

forta, però són prou hivernals perquè l'aire fred pugui davallar força de latitud (gota d'aire fred).

Pel que fa al calendari de les llevantades, es donen preferentment a les estacions equinoccials, tot i que també es poden presentar a l'hivern i esporàdicament a l'estiu. Dins la tardor predomina l'octubre. A la primavera, es donen per igual al març, abril i maig (solen anar acompanyades de pluges de fang, sobretot les de l'abril i alguna del març). A l'hivern, el desembre és el mes més favorable (Arús, 1996).

Patrons de variabilitat climàtica de baixa freqüència

El règim pluviomètric de Catalunya durant la meitat freda de l'any té un comportament diferenciat de la resta de la Península Ibèrica. Les situacions sinòptiques que porten pluges a l'oest de la península i a Catalunya són ben diferents. Les fases positiva i negativa dels patrons de variabilitat de baixa freqüència de l'Oscil·lació de l'Atlàntic Nord (North Atlantic Oscillation, NAO), l'Oscil·lació de la Mediterrània Occidental (Western Mediterranean Oscillation, WeMO) i l'Oscil·lació de l'Àrtic (Arctic Oscillation, AO) ajuden a explicar aquestes diferències en la distribució espacial de la precipitació i, sobretot, a comprendre'n l'evolució recent i futura a la península Ibèrica i a Catalunya. L'hivern és l'estació més complexa. Està sota un domini de la NAO i l'AO, sobretot a la meitat occidental de Catalunya. Aquests índexs tenen una tendència positiva, que està donant lloc a un cert descens de la precipitació en algunes àrees de les Terres de Ponent.

A les àrees litorals i prelitorals, i especialment al Pirineu Oriental, que estan més ben correlacionades amb la WeMO, hi succeeix un fenomen invers: un lleuger increment. Aquest fenomen es pot relacionar amb un augment de la precipitació de tipus intensa per una freqüència més alta de fluxos del nord-est. Aquesta circulació de vents està vinculada a la presència d'altres pressions a l'Europa central, que afavoreixen la formació de fronts de retrocés sobre la façana est de la Península Ibèrica. L'evident reforçament de l'anticicló centreeuropeu afavoreix una tendència positiva de l'AO i de la NAO, però simultàniament una de negativa de la WeMO.

(Aigua i canvi climàtic, 2007: 17)

Què és la NAO? L'Oscil·lació de l'Atlàntic Nord (en anglès: North Atlantic Oscillation (NAO) és un fenomen climàtic del nord de l'Oceà Atlàntic de fluctuacions en la diferència de la pressió atmosfèrica a nivell del mar entre la depressió d'Islàndia i l'Anticicló de les Açores. A través dels moviments oscil·lants est-oest d'aquesta depressió i aquest anticicló, es controla la força i la direcció dels vents de l'oest i el pas de les tempestes que passen per l'Atlàntic Nord. Està altament correlacionada amb l'oscil·lació àrtica ja que n'és una part.

Segons un estudi relacionat amb l'oscil·lació tèrmica hivernal recent en el Pirineu Oriental i la seva relació amb la circulació atmosfèrica del Servei Meteorològic de Catalunya, a partir de 1997-98 fins a l'actualitat, s'observa una pulsació negativa en l'evolució de les temperatures mínimes hivernal, mostrant una clara correlació positiva

amb l'índex NAO, segons el qual valors baixos de l'índex NAO es corresponen amb una disminució de les temperatures. El descens de les temperatures mínimes del període 1997-2006 presenta de mitjana una anomalia molt lleugerament positiva, tot i la disminució de l'índex NAO, el que podria ser un error considerar de forma inequívoca que només NAO i la seva corresponent estructura de circulació signifiquen temperatures anòmalament baixes. No pot descartar-se que també siguin situacions d'índex NAO pròximes a 0 les que produeixen tèrmics més baixos. En aquest sentit, és de vigent interès aprofundir en l'anàlisi de les relacions entre l'índex NAO i la tendència de temperatura, especialment per comprendre els mecanismes que regeixen les oscil·lacions tèrmiques i, en general, el clima d'alta muntanya del Pirineu, medi altament vulnerable a ràpids canvis a escala temporal (Peña et al, 2008: 4).

METODOLOGIA

Assolir els objectius que es plantejaren en un primer moment, significava saber amb certesa si es disposen a l'actualitat de suficients dades meteorològiques susceptibles d'evidenciar patrons climàtics. Encara que resulta complicat generalitzar en el període de dades, es pot apuntar que, com a mínim, es necessiten 30 anys de registres en un nombre suficient d'estacions per poder presentar les principals zones climàtiques i regions vulnerables d'un país. Degut a la necessitat de garantir que els extrems climàtics estiguin degudament registrats, aquestes dades haurien de ser, com a mínim, diàries. A més, aquestes dades han de ser homogènies, i anar acompanyades d'una bona informació complementària (metadades). Una sèrie temporal de precipitacions amb una discontinuïtat del 15% farà més complicat identificar i atribuir tendències relacionades amb el canvi climàtic en precipitacions de magnitud similar i la tasca resultaria gairebé impossible si les metadades encarregades de registrar el temps i la causa de la discontinuïtat no estiguessin disponibles (Organització Mundial de Meteorologia, 2008).

Certament, les dades de les que es disposen en l'actualitat, no acaben d'assolir els requisits mínims tipificats per l'OMM. És per aquest motiu que el present estudi pretén adoptar un caràcter introductori a l'estat de la qüestió i establir uns pronòstics que si bé no s'ajusten al que es consideren resultats fefaents, sí que mostren evidències de la realitat climàtica hivernal dels últims anys.

Concretament, les dades que han estat objecte d'estudi són les enregistrades per la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) i les del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC). Els resultats extrets es basen en els registres de la CHE en tant que són els més extensos. Tanmateix, les dades del SMC han servit per ajustar-se a conclusions més rigoroses que, tot i ser més recents, les mitjanes extretes es basen en dades diàries, contrastant amb dades de la CHE preses tres vegades cada hivern.

Per últim, es disposa d'una sèrie de dades de temperatura diàries propietat del Instituto Nacional de Meteorologia (INM) per a l'estació d'esquí de La Molina des de l'any 1956 i un ràster elaborat pel *Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals* (CREAF) on es mostra la coberta de neu mitjana pels hiverns entre l'any 2002 i el 2007.

Les dades de temperatura de la Molina, tractades en un primer moment per Lisa Baisch, estudiant de la *Universitat de Rottemburg*, s'han modificat per a poder ser comparades amb la resta de dades i així poder aproximar-se a una relació amb el gruix del mantell nival. Val a dir que aquestes dades han volgut ser ampliades a partir d'una font per una sèrie, com a mínim, igual d'extensa que les de precipitació de la CHE, però no ha estat possible. En un primer moment es plantejava extreure dades de temperatura del vessant septentrional del Pirineu pròxim a la zona d'estudi, això és Vall d'Aran o qualsevol estació meteorològica francesa encarada a nord. Ni el *Centre de Predicció de lauegi dera Val d'Aran* ni el *Servei Meteorològic de França*, s'han disposat a facilitar les dades. Per aquest motiu, l'estudi no s'ha pogut recolzar en dades accessòries tan importants com són les dades de temperatura. Tanmateix, disposant de dades de temperatura del SMC, així com de vent, radiació solar i humitat, no s'han valorat al tractar-se de dades massa recents. Tot i així, les dades del SMC han servit per constatar la veracitat de dades de gruix de neu del Programa ERHIN de la CHE i en molts dels casos per reforçar arguments que es plantegen tant en l'anàlisi de correlació com en el de resultats finals.

Cal puntualitzar que, amb relació als objectius de l'estudi, no es pretén comparar gruixos de neu entre diferents zones del Pirineu sinó la seva variabilitat al llarg dels anys. Una vegada analitzada cada conca es podrà adoptar una visió comparativa de més petita escala gràcies a la cartografia corresponent. Per tant els resultats es presentaran sempre en termes relatius per a cada conca, establint una dinàmica d'anàlisi de més gran escala a més petita escala.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO - PROGRAMA ERHIN (1984-2008)

Emmarcat en l'estudi i desenvolupament de la implantació del *Sistema Automático de Información Hidrológica* (SAIH), el qual pretén conèixer en temps real les variables hidrològiques i hidràuliques de la conques hidrogràfiques necessàries per assolir una gestió eficient dels recursos hídrics i la previsió d'avingudes, neix el Programa ERHIN. L'objectiu principal és estudiar las variables nivològiques de l'estat espanyol i reflectir els possibles canvis que es poden produir en les condicions nivals amb el pas dels anys. L'elaboració d'un registre anual sobre l'estat de la neu en les serralades espanyoles i la generació d'informació en temps quasi real de l'evolució de la coberta nival i els cabals fluents procedents de la seva fusió, serveixen per aconseguir una gestió òptima dels recursos disponibles. Així, s'ha implantat de manera progressiva, una xarxa de mesurament nival composta per perxes i a la que s'estan incorporant progressivament telenivòmetres.

Sistema	Administración hidráulica	Àrea nival controlada (km ²)	Total àrea nival controlada por sistema (km ²)
CANTÀBRICO	CH Duero	5.030,4	15.703,5
	CH Ebro	681,5	
	CH Norte	9.991,6	
PIRINEO	CH Ebro	10.559,7	10.990,2
	Agencia Catalana del Agua (ACA)	430,5	
SIERRA NEVADA	CH Guadalquivir	428,7	1.660,0
	Cuenca Mediterrànea Andaluza (CMA)	1.231,3	
SISTEMA CENTRAL	CH DUERO	1.851,7	16.791,3
	CH TAJO	14.939,6	
TOTAL		45.144,9	45.144,9

Figura 4: Àrea nival controlada en els diferents sistemes. (CHE, 2008: 50)

Sistema	Administración hidráulica	Pértigas		Telenívmetros		Observaciones
		Nº	Año implant.	Nº	Año implant.	
CANTÀBRICO	CH Duero	55	1989-1990			16 propuesta instalación telenívmetros
	CH Norte	66	1989-1990			17 propuesta instalación telenívmetros
	CH Ebro	6	1989-1990	1	2007	
PIRINEO	CH Ebro	110	1986-1987	8	2007	3 propuesta instalación telenívmetros (2008)
	Agencia Catalana del Agua (ACA)	3	1986-1987	-	-	
SIERRA NEVADA	CH Guadalquivir	11	1990	-	-	1 propuesta instalación telenívmetro
	Cuenca Mediterrànea Andaluza (CMA)	13	1990	-	-	
SISTEMA CENTRAL	CH Duero	-	-	-	-	8 prop. instal. pértigos 2 prop. instal. telenívm.
	CH Tajo	-	-	4	2000	31 propuesta instalación pértigos
TOTAL		264		13		

Figura 5: Xarxa de perxes i telenivòmetres en els diferents Sistemes. (CHE, 2008: 50)

Definida i implantada la xarxa de mesurament, especialment a partir de l'any 1998, els treballs es varen centrar en la realització de mesuraments en totes les serralades, en la mesura i seguiment de les glaceres del Pirineu espanyol, en el desenvolupament i posterior aplicació d'un model hidrològic, el denominat model ASTER, que tractés de forma adequada el fenomen de la innivació com un element més del cicle hidrològic i en l'aplicació de diverses tècniques de teledetecció, a partir d'imatges satèl·lits per complementar els resultats obtinguts amb els mesuraments i el model ASTER.

La metodologia desenvolupada ha conduït a un model únic de gestió del sistema que té com objectiu principal la comptabilització de les dades nivals obtingudes de l'anàlisi dels mesuraments directes i la imatge satèl·lit amb els resultat nivals calculats per un model hidrològic de simulació a partir de dades meteorològiques. En essència, aquesta metodologia es basa en dos models conceptuals diferents. El primer és el model de simulació hidrològica (precipitació-escorrentia) i el segon un model geoestadístic que permet la quantificació del mantell nival per una data en la que es disposen

d'observacions nivals (mesuraments de camp i imatges satèl·lit). Aquests dos models estan sustentats sobre un mateix suport de treball donant lloc al model conjunt (CHE, 2008).

Dades rellevants

El model geoestadístic permet determinar el volum d'aigua equivalent en forma de neu per a una conca a un instant donat a partir de la informació nival proporcionada per mesuraments puntuals de gruix i densitat (perxes i telenivòmetres) i mesuraments aeris (teledetecció).

Per a cada unitat de la retícula del model distribuït que representa hidrològicament la conca el volum d'aigua equivalent es pot calcular com:

$$VAFNi = CEAi * Si$$

On:

VAFNi: Volum d'aigua en forma de neu per a la cel·la i

CEAi: Columna equivalent d'aigua en forma de neu per a la cel·la i

Si: Superfície de la cel·la i.

Podent obtenir el volum d'aigua en forma de neu emmagatzemat en la totalitat de la conca amb un simple sumatori.

$$VAFN = \sum_{i=1}^n VAFNi$$

On:

VAFN: Volum d'aigua en forma de neu per a la conca

n: número d'elements en què s'ha discretitzat la conca

Paral·lelament es determina la superfície de cada conca a partir d'imatges satèl·lit i s'ajusta la llei d'innivació, que vindrà donada per l'altitud i la data en la que s'han realitzat els mesuraments de camp. L'ajust d'aquesta llei d'innivació s'ha d'efectuar a partir de les observacions puntuals de les perxes obtingudes en la campanya de camp (valors de columna equivalent d'aigua) i de la distribució espacial de cotes d'inici de neu proporcionades per les fotografies satèl·lit. Definida l'àrea innivada i determinada la llei d'innivació, es realitza el càlcul de la CEA (Columna d'aigua equivalent) per a cadascun dels elements que componen la retícula en la que s'ha discretitzat la conca. El procediment adoptat implica la necessitat d'utilitzar el SIG com sistema de suport per als càlculs.

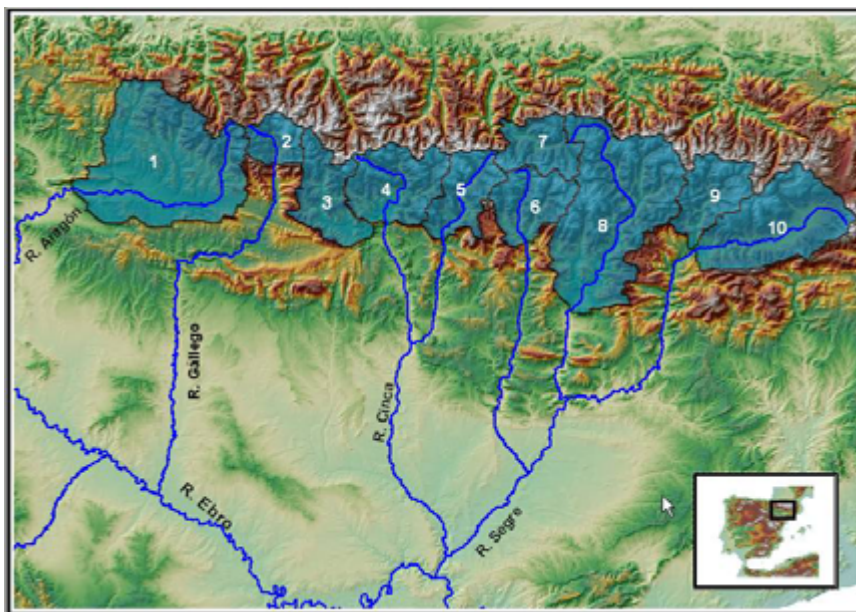


Figura 6: Conques modelitzades amb Aster al Pirineu. (CHE, 2008: 55)

Subconques de l'Ebre per a l'estudi:

- 10: Segre a la Seu d'Urgell. Sup 1239,6 km². Cota mitja (1683m)
- 8: Noguera Pallaresa a Talarn. Sup 2046,3 km². Cota mitja (1627m)
- 7: Garona a Bossòst. Sup 475,7 km². Cota mitja (1893m)
- 6: Noguera Ribagorçana a Pont de Suert. Sup 566,6km². Cota mitja (1849m)
- Ter-Freser (no apareix a la figura). Sup 430,5km². Cota mitja (1676m)

	Cuenca	Superficie (km ²)	Superficie Inhiada (km ²)	% Superficie Inhiada	Densidad relativa media (%)	Volumen de agua en forma de nieve (hm ³)
1	Nela-E del Ebro	681.5	ND	ND	ND	ND
2	Irati-Salazar	620.9	0.0	0.0	0.5	0.0
3	Aragón en E. de Yesa	2,166.4	150.7	7.0	0.5	56.2
4	Gállego en E. de Búbal	295.1	129.8	44.0	0.4	79.3
5	Gállego en Sabiñánigo	306.5	23.9	7.8	0.4	12.1
6	Ara en Boltaña	615.3	86.6	14.1	0.5	60.3
7	Cinca en Escalona	793.6	158.2	19.9	0.5	66.5
8	Èsera en Campo	541.7	146.5	27.0	0.5	78.7
9	Èsera en Graus	325.0	2.4	0.7	0.5	0.6
10	Garona en Bossòst	475.7	236.0	49.6	0.4	88.2
11	Ribag. en Pont de Suert	566.6	147.0	25.9	0.4	48.8
12	Pallaresa en E. Talarn	2,064.3	293.2	14.2	0.4	72.4
13	Valira en Seo D'Urgel	549.0	152.0	27.7	0.5	32.1
14	Segre en Seo D'Urgel	1,239.6	158.0	12.7	0.5	38.7
	Resto Cuenca Ebro	75,734.4	51.4	0.1	ND	ND
	Total	85,736.0	1,735.7	2.0	ND	634.1

Figura 7: Informe tercer mesurament hivernal del Pirineu per a l'any 2007. (CHE, 2008: 58)

Adaptació

Accedir a les dades extretes per la CHE no ha estat fàcil i en qualsevol cas, la voluntat d'accedir a la seva totalitat no ha estat ni de bon tros satisfeta. Teòricament les dades persegueixen com a objectiu principal, ser facilitades permanentment a tots els usuaris

interessats en l'estat i predicció de l'evolució dels diferents components hidrològics relacionats amb la precipitació en forma de neu (ESTRELA, 2008: 9).

Aquelles dades facilitades han estat els càlculs finals de la metodologia ASTER acabada d'explicar de forma resumida, des de l'any 1987 fins a l'actualitat, amb diversos buits en el seu registre, que com es veurà més endavant, es fan més palesos en els darrers anys, possiblement deguts a la crisi econòmica. Certament han estat de gran rellevància, inclús tractant-se de dades de Volum d'Aigua en Forma de Neu per cada conca. Peticions continues per tal d'accedir a aquelles dades puntuals que s'han extret a partir dels mesuraments de perxes o les de superfície innivada per cada conca establertes a partir de dades satèl·lit no han estat respostes i per tant s'han hagut de fer els càlculs pertinents per invertir la metodologia feta en el programa ERHIN. En aquest sentit, no es disposa de bona part de les dades amb les que s'ha comptat per arribar a les dades que han estat facilitades i és per aquesta raó que es vol incidir clarament en què els càlculs obtinguts no són reals però si evidents de tendències climàtiques i tanmateix, equiparables amb les dades del SMC. En efecte, les dades són acceptables ja que totes han estat tractades de la mateixa manera, mantenint així la relació entre les diferents conques i els valors relatius de quantitat de neu enregistrada al llarg de la sèrie temporal analitzada.

SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA (SMC)

La XEMA és la Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques que gestiona el Servei Meteorològic de Catalunya (SMC), i que està integrada a la Xarxa d'Equipaments Meteorològics de la Generalitat de Catalunya (Xemec), creada per la Llei 15/2001, de 14 de novembre, de meteorologia.

La XEMA es compon actualment (febrer 2010) per un total de 165 Estacions Meteorològiques Automàtiques (EMA), que transmeten la informació al SMC a través de ràdio digital, tecnologia GSM o satèl·lit.

Així, la XEMA és el fruit de la unificació de les EMA integrades a tres xarxes diferents:

- La Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques (XEMA)
- La Xarxa Agrometeorològica de Catalunya (XAC)
- La Xarxa Nivològica de Catalunya (XANIC)

Aquesta darrera, la pertinent a l'estudi en qüestió, es va començar a implantar l'hivern del 1997 al Pirineu de Catalunya per part de l'Institut Cartogràfic de Catalunya amb l'objectiu d'obtenir dades de l'estat del temps i el mantell nival a alta muntanya per a la predicció d'allaus.

El Servei Meteorològic de Catalunya ha facilitat, a partir de la XANIC, totes les dades que s'han pretès per a poder contrastar les dades del programa ERHIN. Aquestes són dades de temperatura, vent, radiació solar, pressió atmosfèrica i gruix de neu registrades a estacions d'alta muntanya des de què es tenen dades. La major part comencen l'any 2000 però n'hi ha des de l'any 1998.

Les estacions d'alta muntanya a les quals fan referència les dades esmentades són³: Núria (1.971 m), Boí (2.535 m), Malniu (2.230 m), Cadí Nord (2.143 m), Salòria (2.451 m), Espot (2.519 m), Certascan (2.400 m), Bonaigua (2.266 m), Ulldeter (2.410 m), Ulldeter (2.364 m), Port del Comte (2.316 m) i Sasseuva (2.228 m). Aquestes estacions pertanyen a la Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques (XEMA), integrada a la Xarxa d'Equipaments Meteorològics de la Generalitat de Catalunya (Xemec).

Pel que fa a la freqüència de registres, les dades són diàries per a cadascuna de les estacions des de la seva posada en funcionament.

EQUIPARACIÓ DE DADES

Per tal d'equiparar les dades del model ASTER amb les del SMC, s'ha partit de la base que aquestes últimes estan, tant en relació a la unitat de volum com en la metodologia d'enregistrament, adaptades a l'estudi de l'evolució del mantell nival. En aquest sentit, els mil·límetres de neu ens permeten saber el gruix real, tot i que es fa difícil saber la seva densitat i per tant la quantitat d'aigua equivalent que hi ha en forma de neu. Ja no és tan important saber la quantitat si no tenir les dades equiparades per a una seqüència temporal prou llarga per tal de mitigar les diferents condicions meteorològiques que afecten el mantell nival en cada registre: temperatura, vent i humitat.

Les dades del SMC, obtingudes de forma diària, han estat modificades amb l'objectiu de saber les mitjanes mensuals per als registres puntuals del programa ERHIN. Aquests han estat de forma més o menys lineal, als mesos de gener (formació del mantell), març (assentament del mantell) i abril/maig (fusió del mantell).

Les dades de la CHE, obtingudes en hm^3 , s'han dividit per la superfície de la conca corresponent, convertit en volum de neu a partir de mesuraments equivalents de densitat de neu (valors extrets de la Direcció de Departament Civil i Emergències del Ministerio del Interior) i finalment transformades a mil·límetres. Concretament, la densitat de neu s'ha estipulat a $0,5 \text{ kg/dm}^3$, atenent-nos a la densitat de neu vella tenint en compte que les dades que s'enregistren a les perxes són de neu compactada, més si es pren com a referència la mitjana de gruix mensual dels registres del SMC. El pas de conversió a m^2 -mitjanes de gruix per a una conca- és el més problemàtic. Com s'ha pogut veure a la figura 7, les imatges satèl·lit han permès al model Aster determinar el percentatge de superfície innivada per conca i per tant, sense aquestes ha estat impossible equiparar els gruixos als del SMC. En aquest sentit s'ha convingut un percentatge de la totalitat de superfície atès que la quantitat de neu a cada conca no només depèn de la quantitat de neu precipitada sinó de la cota de neu que s'ha donat en cada nevada.

Els corresponents resultats, transformats en gràfics de línies amb marcadors, s'han unit a cada estació de la XANIC corresponent a aquella conca. S'ha donat la situació en la que es comptava amb més d'un conjunt de dades per a una conca i en aquest cas s'ha

³ Per a més informació vegeu l'Annex.

obtingut una mitjana d'aquestes i s'ha equiparat a les dades concretes de conca del Programa ERHIN⁴.

Les línies dels gràfics, a nivell visual, mostren una correlació evident, però per tal d'ajustar-se de forma rigorosa, s'han extret els coeficients de correlació de Pearson per a cada gràfic de dues variables. Cal remarcar que, perquè aquest índex permeti determinar quin punt de relació hi ha entre dues variables, les dades s'han hagut d'equiparar als mesos dels anys en què s'han extret dades per ambdues fonts. D'aquesta manera, hi ha coeficients de correlació que només compten amb 6 o 7 dades i en canvi d'altres assoleixen rigors de fins a 12 dades. Tanmateix, certes dades per a cada sèrie de variables (gruix de neu CHE i SMC), dibuixen trajectòries divergents en els gràfics. Això pot ser degut justament al que s'apuntava amb anterioritat, fent referència a què es desconeix la coberta nival en cada conca i per tant les dades poden resultar irrealistes a raó de condicionants tèrmics anormals en el moment que precipita la neu. Per exemple, mesos regits per períodes de forta inestabilitat però amb una cota de neu anormalment alta. Aquest fet donaria uns registres de la CHE molt baixos ja que per la metodologia de conversió de dades utilitzada es té en compte tota la conca i en realitat podria haver un gruix de neu molt elevat en cotes altes, allà on precisament hi ha l'estació de la XANIC.

Per últim, el coeficient de Pearson o de correlació (r) ens permet determinar fins a quin punt hi ha relació entre dues variables. El resultat de la seva aplicació és entre -1 i +1, indicant el signe, el grau o intensitat de la relació.

$$0,3 < |r| \leq 0,7 \text{ Relació lineal feble: } \begin{pmatrix} \text{creixent} & \text{si } r < 0 \\ \text{decreixent} & \text{si } r > 0 \end{pmatrix}$$

$$0,7 < |r| \leq 0,87 \text{ Relació lineal moderada: } \begin{pmatrix} \text{creixent} & \text{si } r < 0 \\ \text{decreixent} & \text{si } r > 0 \end{pmatrix}$$

Els valors obtinguts denoten en tots els casos, com a mínim, una relació lineal feble. Aquests valors assolirien de forma general una relació lineal moderada si s'hagués disposat de les superfícies d'àrea innivada en cada conca.

EXTRACCIÓ DE DADES FINALS

Una vegada les dades del Programa ERHIN han estat equiparades i correlacionades amb les dades diàries del SMC, s'ha procedit a tractar-les de manera que des de l'any 1987 es puguin observar certs patrons en l'evolució del mantell nival als Pirineus per a cada conca. Aquesta divisió geogràfica ens permet sobretot, aïllar comportaments atmosfèrics i veure si existeixen afectacions en el mantell tenint en compte que la major part de les precipitacions en forma de neu als Pirineus catalans són fruit de les depressions que entren pel mar Cantàbric en sentit W-E, o bé per llevantades que afecten més intensament les muntanyes més orientals dels Pirineus, depenent del mes de l'any en el que ens trobem.

⁴ Per a més informació vegeu l'annex amb estacions de la XANIC ordenades per conques.

Per tal d'ajustar-se a aquestes diferències en el comportament de les precipitacions en forma de neu, s'han extret resultats tenint en compte principalment les mitjanes i les desviacions estàndard de gener, març, abril-maig i pel conjunt de l'hivern. D'aquesta manera es pot determinar el coeficient de variabilitat per a cada sèrie i veure així si hi ha alguna relació entre els canvis de comportament en la precipitació i el transcurs dels anys. Alhora, s'ha cregut convenient establir tres grans períodes, 1990-1999, 2000-2010 i 1987-2013. Com es pot comprovar, aquests no comprenen el mateix lapse de temps. Això és degut a la disponibilitat de dades, on principalment manquen les de 1987 a 1989 i les de 2010 a 2013 -tal i com s'ha comentat amb anterioritat- i les del 2007 que s'han substituït per les del 2010 per establir una sèrie de 10 anys equiparable a la de 1990-1999. Finalment, el coeficient de variabilitat de tots els registres disponibles (1987-2010), s'ha considerat en la seva totalitat (exceptuant el període 2010-2013 per manca generalitzada de dades) per a cada conca, que al ser comparada amb el seu mateix registre dels dos períodes restants, permet un anàlisi concloent. Amb l'objectiu de facilitar l'observació d'aquests paràmetres, s'han elaborat dos grups de mapes, uns pels registres mensuals i els altres pels registres dels períodes establerts. Els intervals que indiquen la variabilitat s'han concretat per a cada grup, a fi i a compte de separar l'anàlisi de resultats i evidenciar conclusions robustes. D'altra banda, tenint les mitjanes per a cada conca s'ha cregut convenient comptabilitzar aquells anys que ha precipitat per sota d'aquestes. Així es pot observar quines zones són més susceptibles de patir nevades molt intenses en anys concrets però que d'altra banda experimenten anys secs severos. Alhora, aquest anàlisi ens permet observar en els gràfics, com el rang que comprèn els registres anuals màxims i mínims es va ampliant al llarg dels anys.

Per últim, cal mencionar que s'ha intentat analitzar les línies de tendència per a cada sèrie. Malauradament, les dades de per se, són molt variables al tractar-se de precipitació i per tant les línies de tendència resulten molt esbiaixades ja que es basen en el valor de R quadrat, número entre 0 i 1 que revela quina proximitat dels valors calculats per a la línia de tendència es correspon amb les seves dades reals (1 o més pròxim a 1). En tots els casos, el valor de R ha resultat menor a 0,3 i per tant s'ha desestimat el seu anàlisi.

RESULTATS

DADES CORRELACIONADES

COEFICIENT DE PEARSON						
	Garona	N.Pallaresa	N.Ribagorçana	Segre	Ter	Mitjana
Gener	0,632	0,637	0,708	0,704	0,526	0,641
Març	0,737	0,574	0,641	0,728	0,483	0,633
Abril-Maig	0,504	0,605	0,354	0,464	0,486	0,483
Mitjana	0,624	0,606	0,568	0,632	0,498	

Taula 1: Coeficient de Pearson per conques i mesos.

FONT: Elaboració pròpia a partir de dades de la CHE

S'observa clarament un descens de correlació entre les dades de la CHE i les del SMC a mesura que transcórrer l'hivern. Així, el mes de gener és el que té una relació lineal més forta i en canvi abril-maig més feble. Tal i com s'ha comentat amb anterioritat, això és degut a la manca de dades de superfície de cobertura nival, la qual ens proporcionaria la variable clau per adaptar les dades de la CHE a les del SMC. Es constata doncs, que a l'abril-maig, el mantell de neu que cobreix cada conca és força més variable que al mes de gener, degut a l'increment de temperatura i la conseqüent desaparició de superfície innivada⁵.

TEMPERATURA MITJANA					
	Garona	N.Pallaresa	N.Ribagorçana	Segre	Ter
Gener	-3,13	-3,3	-3,81	-1,57	-1,13
Març	-1,57	-2,03	-2,82	-0,11	0,2
Abril-Maig	2,18	1,76	0,88	3,79	3,85

Taula 2: Temperatura mitjana 1999-2013 per conques i mesos.

Font: Elaboració pròpia a partir de dades del SMC

Les dades del SMC serveixen, com en aquest cas, per tal de recolzar supòsits que es deriven de l'anàlisi del gruix del mantell nival. En aquest cas es mostren les temperatures mitjanes des de l'any 1999 fins a 2013 comptant amb les diferents estacions que s'inclouen en cada conca de la CHE. Com es pot observar, quan menor és la temperatura mitjana, major és el coeficient de correlació entre dades de la CHE i del SMC, sempre i quan la temperatura sigui positiva, que és quan comença a fusionar la neu. En el cas de la Noguera Ribagorçana, apareix el coeficient de Pearson més baix, degut principalment a un registre extrem l'any 2005, el qual es pot apreciar a l'annex. Si es prescindeix d'aquest any per al càlcul de correlació, el CP assoleix el 0,509.

S'ha intentat cercar un patró aliè a la problemàtica de no disposar de les dades de superfície de la cobertura de mantell nival amb relació a les diferents alçades de les estacions del SMC i de l'altitud mitja de cada conca, així com de la superfície de les mateixes, però es constata que no hi ha evidències en aquest sentit que puguin

⁵ Referència a la incidència de temperatures segons el mes de l'any, no confondre amb la variabilitat relativa de cada mes resultant de l'estudi.

explicar la incidència en els coeficients de correlació. En el cas de les alçades s'ha procedit a calcular una altitud mitjana per a les estacions del SMC que es localitzen en la conca corresponent i després calcular la diferència d'altitud envers la cota mitja de la conca, dada facilitada per la CHE. En el cas de la superfície de cada conca, s'ha analitzat si la grandària d'aquestes⁶, i en especial de la Noguera Pallaresa (2064,3 km²), podia repercutir en el biaix del càlcul per equiparar les dades en hm³ a mm, però tampoc s'ha trobat cap mena de relació.

En conclusió, els coeficients de correlació anòmals estan condicionats única i exclusivament a valors extrems que poden venir donats per biaixos puntuals en els registres, ja siguin del SMC o de la CHE.

DADES ERHIN

El Coeficient de Variabilitat

El coeficient de variabilitat de Pearson és un paràmetre estadístic que mesura la dispersió d'una mostra o població estadística. És útil per comparar dispersions a escales diferents, ja que és una mesura invariant davant de canvis d'escala. Un dels seus usos més comuns és per expressar la desviació estàndard com a percentatge de la mitjana aritmètica, mostrant una millor interpretació percentual del grau de variabilitat que la desviació típica o estàndard. D'altra banda presenta problemes, ja que a diferència de la desviació típica aquest coeficient és variable davant de canvis d'origen (Nunes, 2008). Per això és important que tots els valors siguin positius i la seva mitjana doni un valor positiu. **A major valor de C.V. major heterogeneïtat dels valors de la variable; i a menor C.V., major homogeneïtat en els valors de la variable.**

COEFICIENT DE VARIABILITAT						
	Garona	Pallaresa	Ribagorça	Segre	Ter	Valor mitjà
Gener	0,860	0,848	0,577	0,785	1,046	0,823
Març	0,844	0,439	0,491	0,626	0,888	0,657
Abril-Maig	0,443	0,459	0,451	0,758	0,708	0,564
1990-1999	0,373	0,274	0,332	0,028	0,018	0,205
2000-2010	0,466	0,494	0,406	0,563	0,727	0,531
1987-2010	0,438	0,420	0,378	0,497	0,736	0,494

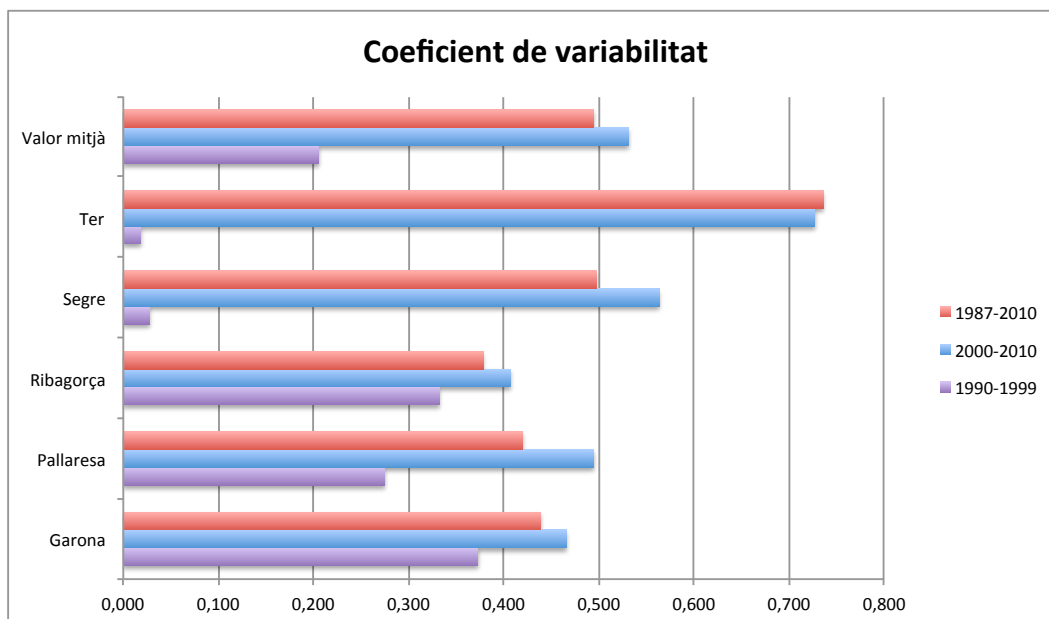
Taula 3: Coeficient de variabilitat per conques, mesos i períodes.

FONT: Elaboració pròpia a partir de dades de la CHE

Aquesta taula resum presenta tots els coeficients de variabilitat que s'han tingut en compte per tal d'analitzar les variacions del gruix del mantell nival per a cada conca. El valor mitjà permet incidir en el gruix de neu acumulada en relació als mesos dels quals es disposen registres, així com de les seves mitjanes per hivern (1987-2010) i a la seva divisió per les dècades dels 90 i 00. D'altra banda, els coeficients de variabilitat també s'analitzen per conca amb l'objectiu d'extreure conclusions en la variació de gruix de

⁶ Dades de totes les conques i de les estacions automàtiques del SMC a l'Annex.

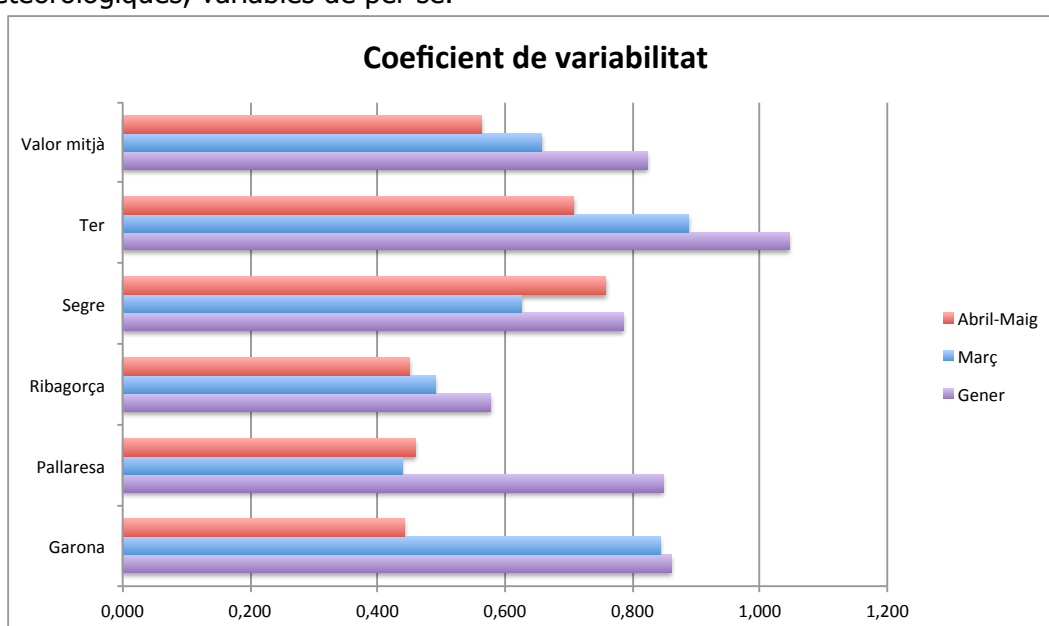
neu acumulada per zones. Visualment, es mostren els gràfics corresponents separats per mesos i per grans períodes:



Gràfic 1: Coeficient de variabilitat per conques i períodes.

FONT: Elaboració pròpia a partir de dades de la CHE

Possiblement la dada més rellevant d'aquest informe es troba en aquest gràfic. En tots els casos, el coeficient de variabilitat és molt menor per al període 1990-1999 que pels altres períodes. Aquest fet evidencia una major variabilitat en la neu que s'acumula en l'actualitat al llarg de l'hivern que anys enrere i confirma els diferents estudis esmentats amb anterioritat. A destacar el coeficient de variabilitat del Ter i el Segre per al període 1990-1999 amb 0,018 i 0,028 respectivament, els quals mostren una homogeneïtat extraordinària tenint en compte que es tracta de dades meteorològiques, variables de per se.

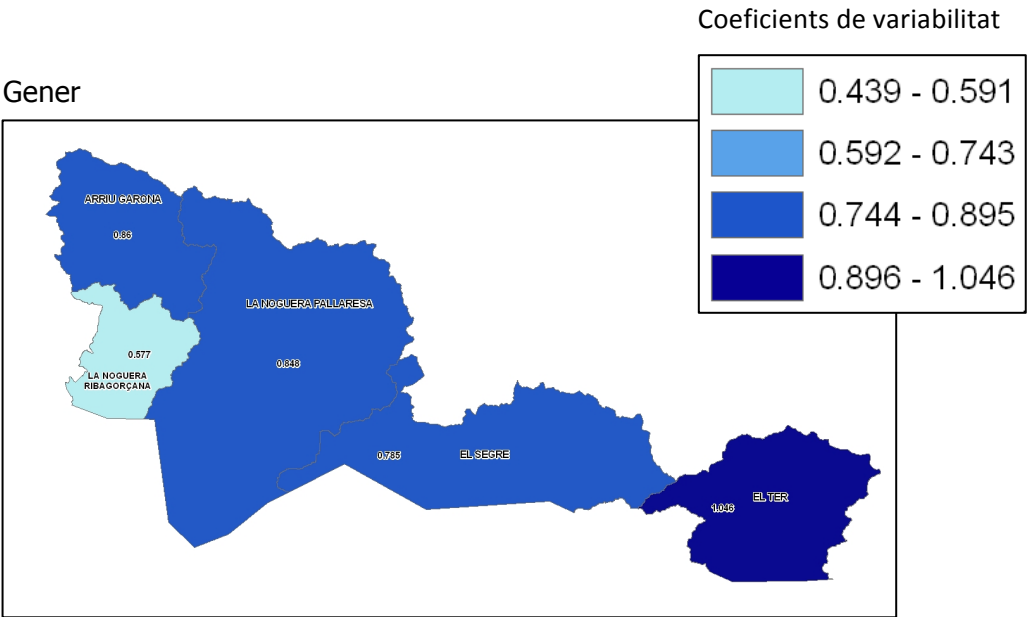


Gràfic 2: Coeficient de variabilitat per conques i mesos. FONT: Elaboració pròpia (dades CHE)

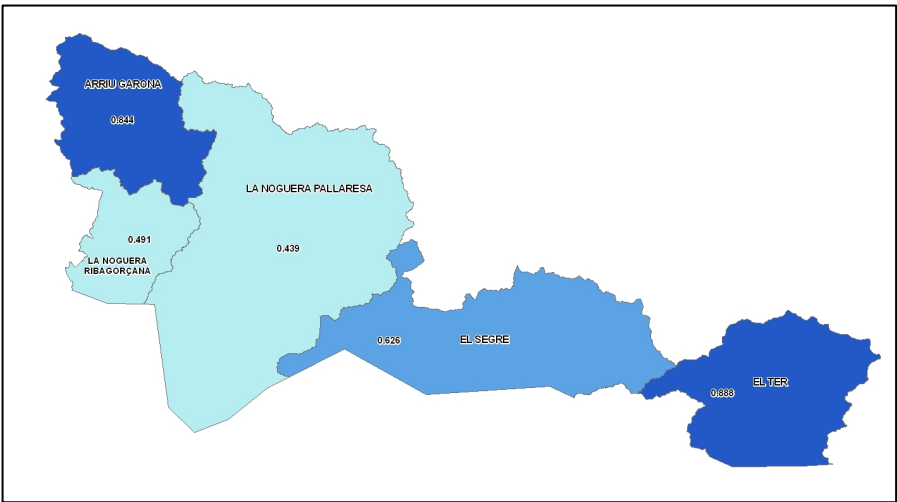
El mateix índex analitzat pels mesos d'hivern amb registres, resol diferències extremes pel mes de gener, també en tots els casos. Aquesta dada es veu confirmada més endavant, on s'analitzen els mesos que experimenten registres de neu acumulada inferiors a la mitjana. No és així, en quant als mesos primaverals, els quals experimenten menor variació dibuixant un descens progressiu de la mitjana a mesura que transcórrer l'hivern (valor mitjà atenuat pel registre del Segre).

MAPES

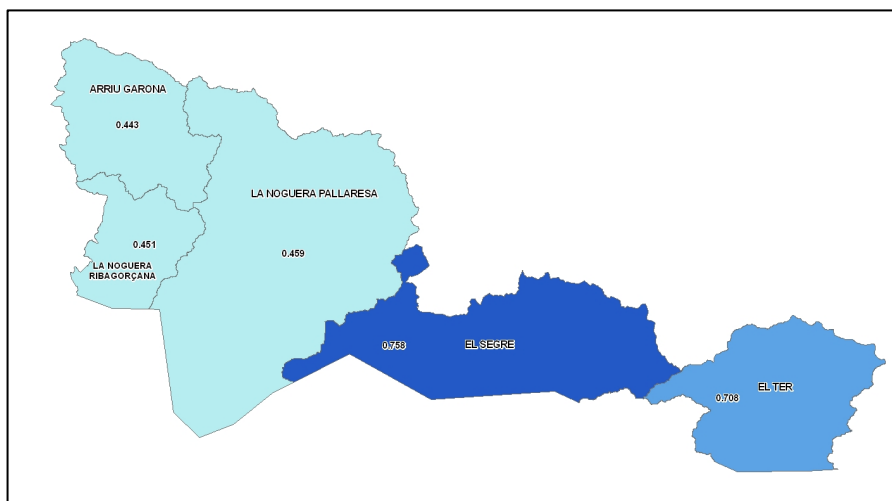
Per mesos



Març

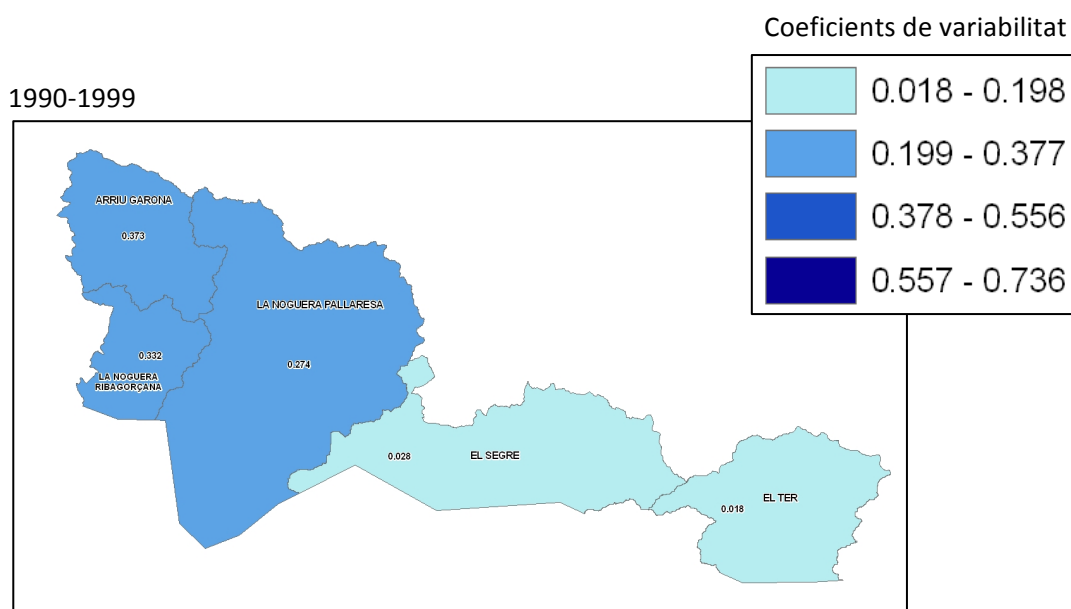


Abril-Maig

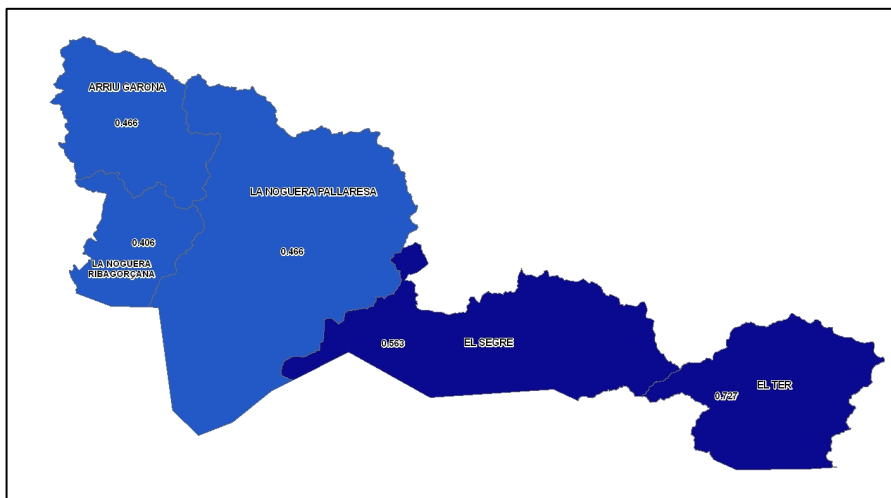


És la conca de la Noguera Ribagorçana la que pateix menys variacions al llarg de l'hivern. En tots els registres (gener, març, abril-maig), el seu coeficient està comprès en l'interval mínim relatiu de les dades mensuals de totes les conques. Així mateix, es pot observar com el Pirineu Oriental (Segre i Ter) tenen un gruix de neu més variable que al Pirineu Occidental català (Noguera Pallaresa i Ribagorçana, Garona).

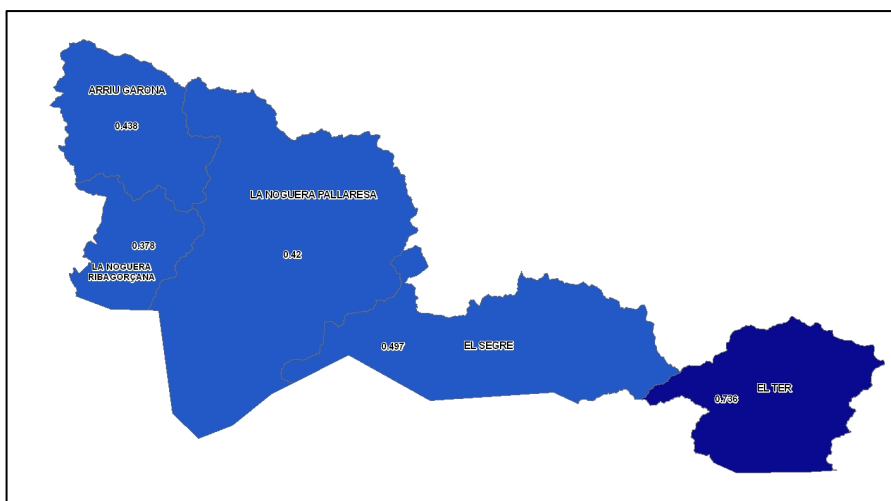
Per Períodes



2000-2010



1987-2010



Per períodes, les diferències també són remarcables. Al Pirineu Oriental, el període 2000-2010 assoleix el coeficient de variabilitat més alt i és més, un diferencial extrem en relació al període anterior 1990-1999. Pel que fa a les conques més occidentals, aquesta diferència és força menor, observant doncs una menor incidència de la variació del mantell nival entre els dos períodes, tot i que com s'ha remarcat, aquesta s'incrementa substancialment.

Sembla que les variacions siguin més notòries en sentit est-oest. Aquest fet podria venir donat per la continentalitat de les conques. La influència del mar mediterrani mitiga els valors de temperatura extrems i per tant si es dona un augment sostingut de les temperatures, serà allà on s'assoleixin els valors mitjans menys baixos, on hi haurà una variabilitat del gruix de neu més accentuat.

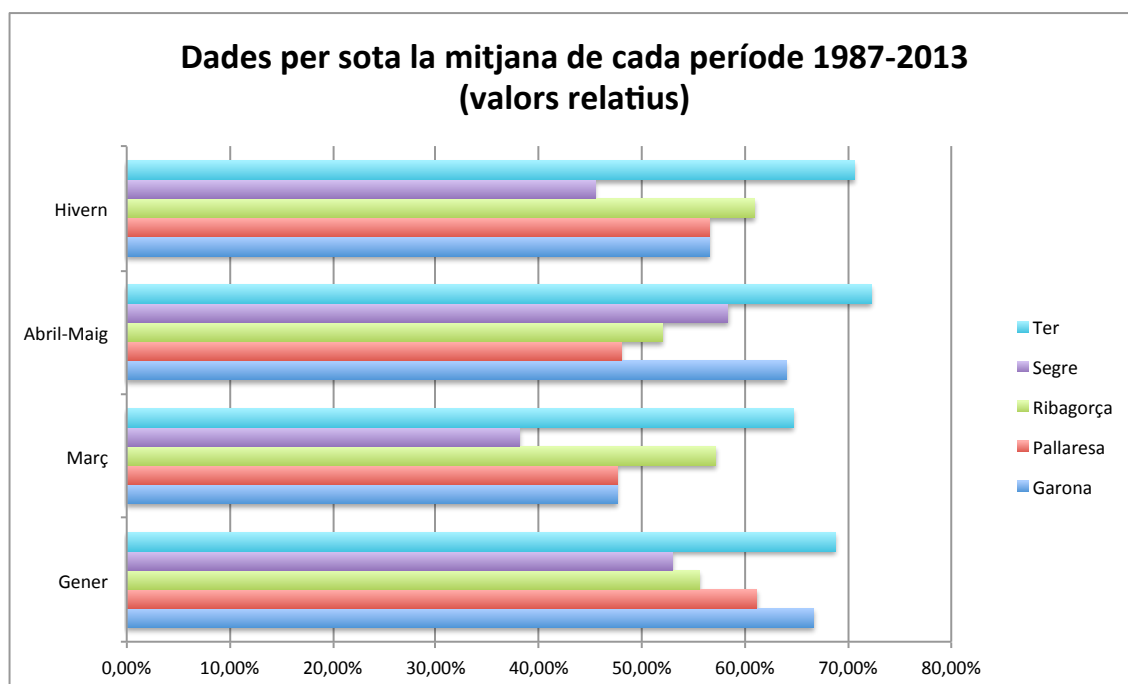
DADES PER SOTA LA MITJANA

Comptabilitzar en valors relatius els registres que no assoleixen la mitjana de neu acumulada al llarg de la sèrie estudiada (1987-2010), ens permet entendre, amb l'ajut dels gràfics adjunts, el grau de variabilitat en termes quantitatius de gruix de neu i com, en el cas d'experimentar hiverns extrems amb valors extraordinàriament alts de neu acumulada, augmenta la mitjana de la sèrie. En aquest sentit s'ha d'analitzar amb atenció com la mitjana es veu alterada fortament sobretot en els darrers hiverns, quan s'han enregistrat els valors de gruix de neu acumulada més alts. Tanmateix, la mitjana és relativa a la conca i per tant es desestima tractar aquestes dades de forma conjunta per a tot el Pirineu. Això és degut a què, com s'ha indicat més amunt, en aquest estudi no es pretén comparar gruixos de neu entre diferents zones del Pirineu sinó la seva variabilitat al llarg dels anys.

PER SOTA LA MITJANA DE REGISTRES						
	Garona	Pallaresa	Ribagorça	Segre	Ter	Valor mitjà
Gener	66,67%	61,11%	55,56%	52,94%	68,75%	61,00%
Març	47,62%	47,62%	57,14%	38,10%	64,71%	51,04%
Abril-Maig	64,00%	48,00%	52,00%	58,33%	72,22%	58,91%
Hivern	56,52%	56,52%	60,87%	45,45%	70,59%	57,99%

Taula 4: Registres per sota la mitjana 1987-2010 per conques, mesos i hivern (valors relatius)

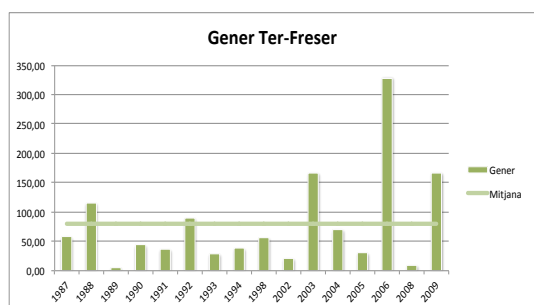
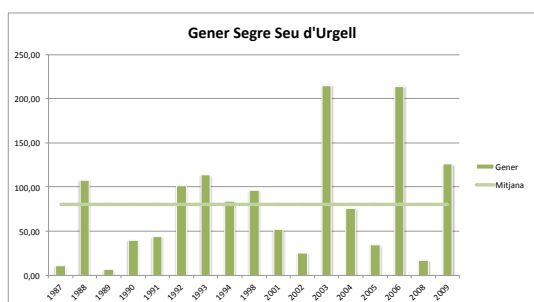
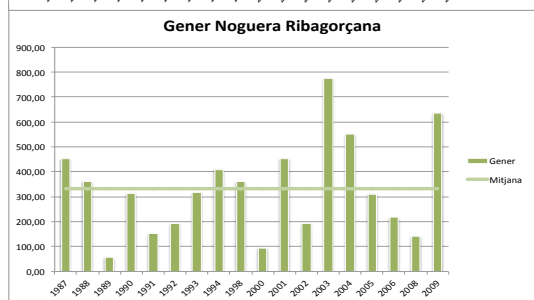
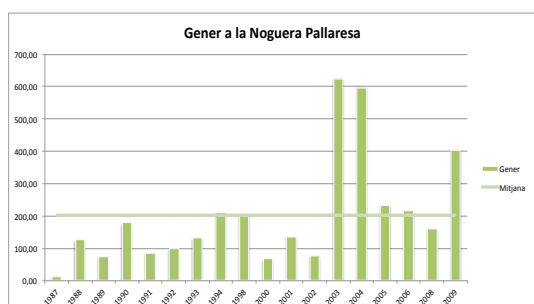
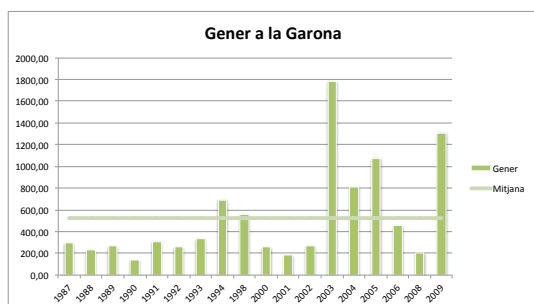
FONT: CHE



Gràfic 3: Registres per sota la mitjana 1987-2010 per conques, mesos i hivern (valors relatius)

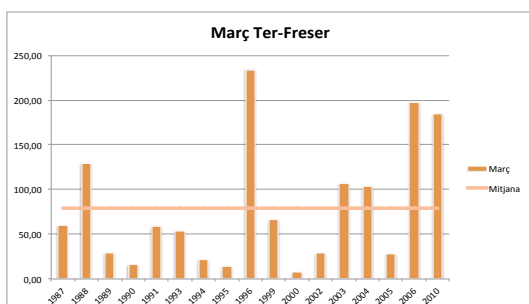
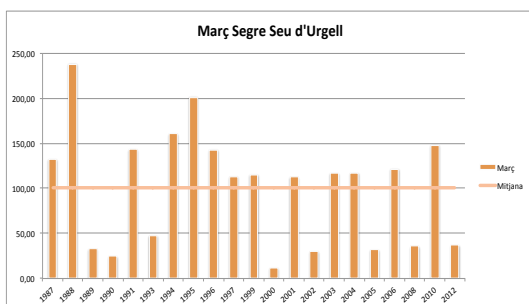
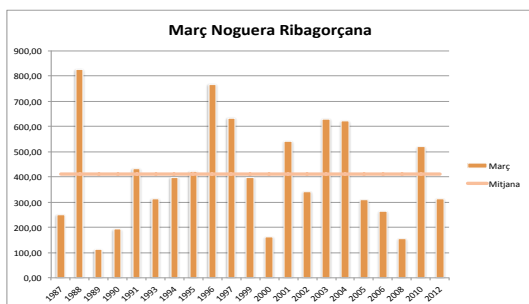
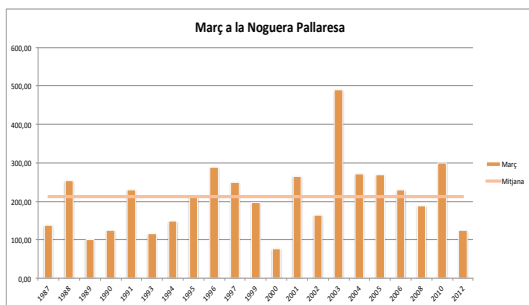
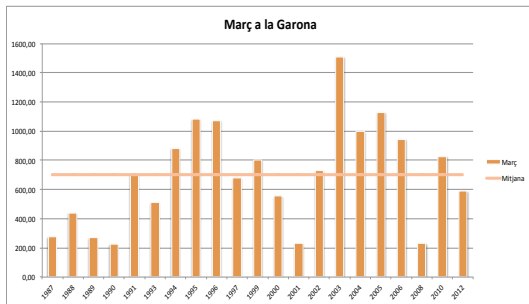
FONT: Elaboració pròpia a partir de dades de la CHE

Gruix de neu en mm: gener



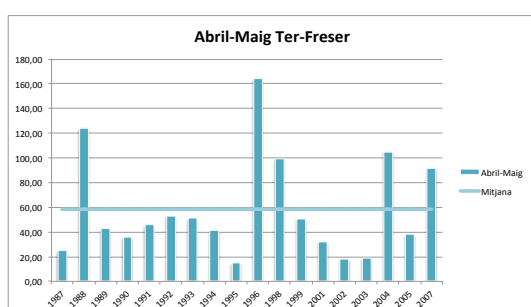
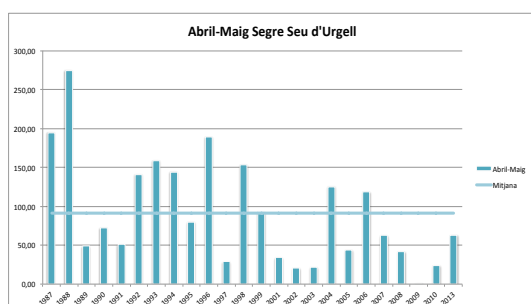
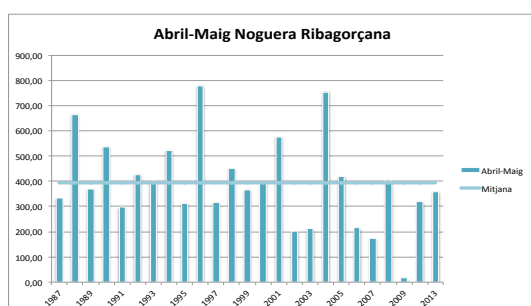
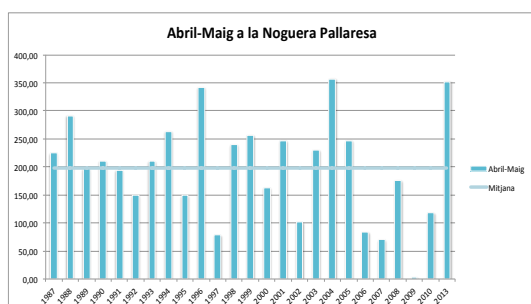
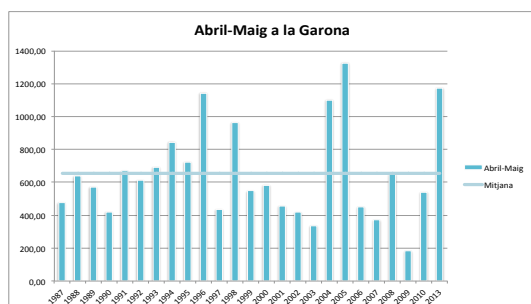
És el mes de gener el que registra un valor més alt d'anys per sota la mitjana. Com es pot apreciar en els gràfics per a cada conca, els registres extrems més alts es donen sense excepció a partir de l'any 2000, en especial l'any 2003. Tant la Garona com el Ter, són les conques que comptabilitzen el major registre d'anys per sota la mitjana. Paradoxalment es tracta dels dos extrems del Pirineu català, i per tant no s'observen afectacions que es puguin atribuir a la distribució geogràfica de les conques.

Gruix de neu en mm: Març



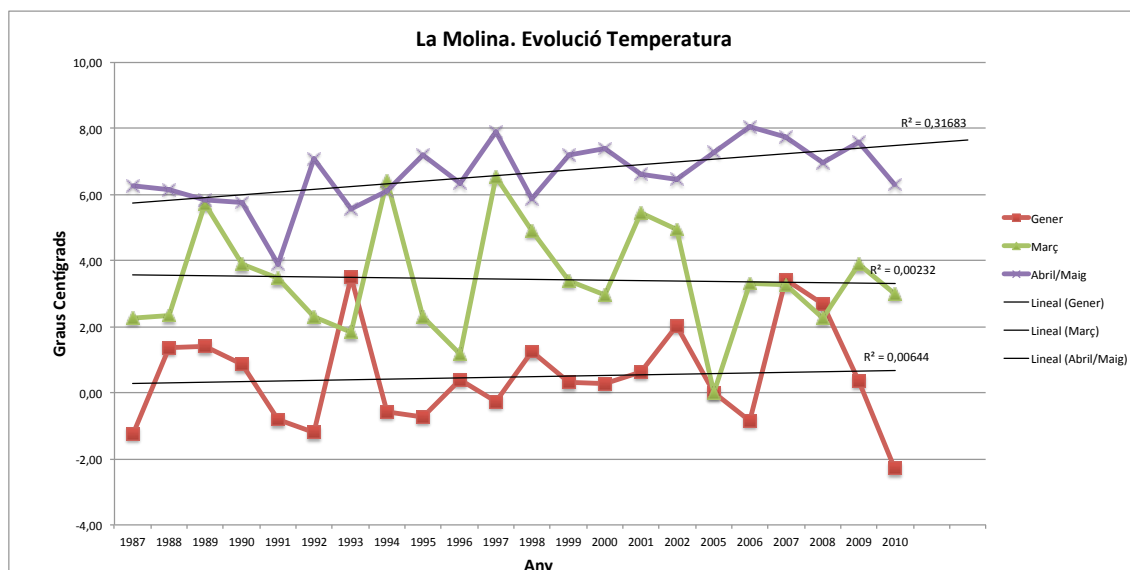
Al mes de març en canvi, es registren les dades més estables en quant a gruix de neu per a tota la sèrie d'anys estudiada, amb un 51,04% dels registres per sota la mitjana. De fet, ara els anys amb els valors extrems més alts ja no es donen de manera general a la dècada del 2000. En aquest sentit, tant al Segre com a la Noguera Ribagorçana, aquests s'enregistren l'any 1988, o al Ter l'any 1996. És en aquesta conca on el rang relatiu és més accentuat i per tant coincidint amb el coeficient de variabilitat. D'altra banda, la Garona i la Noguera Pallaresa, sembla que són les conques amb la major estabilitat tèrmica, fet que es correspondria amb una major intensitat de les nevades en aquesta zona dels Pirineus al llarg dels anys. Concretament, l'any 2003 continua sent el que enregistra el valor extrem més alt.

Gruix de neu en mm: Abril-Maig (mitjana)



Els darrers mesos d'hivern, perden qualsevol correlació amb els mesos precedents. Ni la Garona ni la Pallaresa mantenen els registres extrems més alts l'any 2003, ni tampoc coincideixen amb l'any que acumulen major gruix. Paradoxalment, aquestes dues conques experimenten registres d'anys per sota la mitjana força diferents, la Garona amb el 64% i la Pallaresa amb el 48%. En aquest sentit, és destacable el 72,22% del Ter. De forma anàloga al mes de març però ara amb major intensitat, es pot apreciar una tendència descendent en els perfils dels gràfics a mesura que transcorren els anys. Exemple clar d'aquest fenomen és el Segre, amb un evident descens en el registre. Això ens faria pensar que la fusió de la neu es dona de forma més primerenca. Per tal de corroborar aquest fet, s'analitzaran les dades històriques de temperatura de l'estació de la Molina.

DADES DE TEMPERATURA DE LA MOLINA



Gràfic 4: Evolució temperatura a la Molina 1987-2010 per mesos amb línies de tendència.

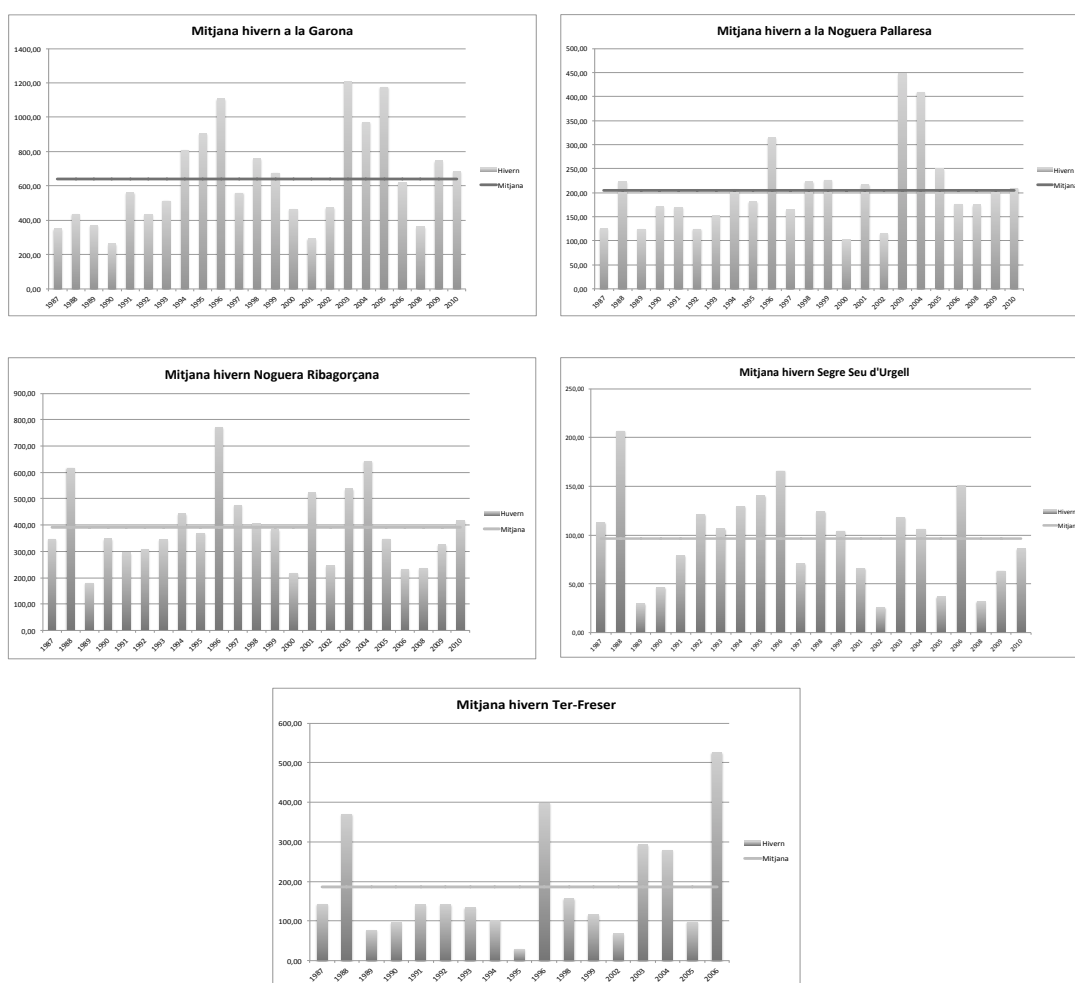
FONT: Elaboració pròpia a partir de dades de l'INM tractades per Lisa Baisch (Universitat de Rottemberg)

Tot i que no es pot extrapolar d'una manera categòrica el comportament de les temperatures en totes les zones pirinenques a partir d'una sola estació, el gràfic evidencia com a mínim, la tendència descendent del gruix de neu a la conca del Segre als mesos primaverals (veure gràfic gruix de neu Segre mes abril-maig). La Molina nodreix aquesta conca i per tant la relació és directa. Com es pot observar en el gràfic, els registres d'abril-maig s'incrementen al llarg de tot el període, i és més, es tracta de la sèrie amb menor variabilitat, dada que mostra el valor de R^2 i que marca la línia de tendència. Aquesta dada constata la correlació entre la temperatura i la variació del gruix de neu, tant més quan es tracta de registres per sobre de 0°C i per tant acceleren el procés de fusió de neu. Per aquest motiu, tant els mesos de gener i març no evidencien una correlació amb el gruix de neu ja que tot i que pot variar la temperatura, els registres no condicionen la fusió de la neu. Òbviament, al gener es fa més palesa aquesta situació. Endemés, tal i com s'ha comentat a la metodologia, no s'ha utilitzat la línia de tendència com a eina d'anàlisi degut als valors massa baixos de R^2 al tractar dades meteorològiques tan variables (així ho exemplifiquen els valors de R^2 de gener i març).

DADES GENERALS

Per tal d'obtenir els registres hivernals s'han establert les mitjanes dels registres mensuals, sempre i quan aquests, han estat dos o més d'entre gener, març, abril-maig, per a cada hivern (en els anys que només es disposa d'un registre s'ha prescindit de calcular la mitjana hivernal). Tanmateix, s'ha procedit de forma anàloga als gràfics anteriors mensuals, calculant la mitjana de la sèrie i obtenint els valors relatius d'aquells anys on el gruix ha estat per sota d'aquesta.

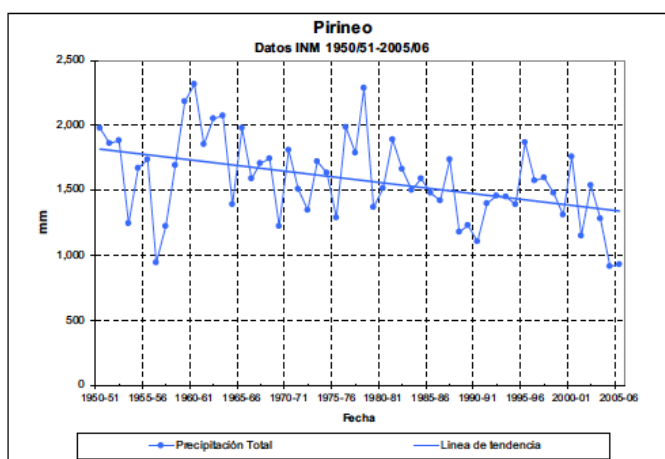
La visió general de tot l'hivern, ens permet observar el gruix de neu mitjà i no l'acumulat. Com s'ha puntualitzat, aquestes dades es basen en mesuraments de camp a partir de perxes i telenivòmetres. Calcular la neu acumulada requereix d'un control exhaustiu i periòdic de la neu que precipita cada vegada.



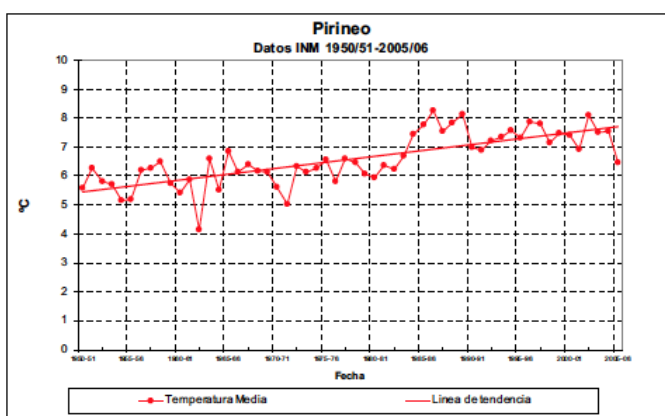
Remetent-nos als hiverns per sota la mitjana, és la conca del Ter la que experimenta el registre més desequilibrat, amb un 70,59% dels hiverns. Com s'observa al gràfic, els anys 1988, 1996 i 2006 enregistren valors extrems molt superiors a la resta i per tant la mitjana s'incrementa de forma desproporcionada a la sèrie. Dels registres que queden per sota de la mitjana, els anys 1989, 1995 i 2002 obtenen un gruix de neu molt inferior a la resta d'hiverns que també queden per sota, fet que denota una gran variabilitat en el rang del gruix per a tota la sèrie.

Pel contrari, és a la conca del Segre on el gruix de neu es manté més estable al llarg de la sèrie, amb un 45,45% dels hiverns per sota la mitjana. El rang dels gruixos és força menor que al Ter, amb un 0,497 del valor del coeficient de variabilitat. En aquest sentit, és la Noguera Ribagorçana, la conca on s'experimenta major estabilitat al llarg dels hiverns en relació a la variació del gruix de neu, amb un 0,378 de coeficient de variabilitat.

PROGRAMA ERHIN



Les dades de precipitació del programa ERHIN confirmen un descens generalitzat del gruix de neu des de l'any 1950 fins a 2006, que es recolzen a un augment tendencial de les temperatures mitjanes pel mateix període. Així el gruix de neu es redueix més de 500mm i la temperatura mitjana augmenta més de 2°C en només 56 anys.



Figures 8 i 9: Evolució precipitació i temperatura 1950-2006
FONT: CHE (Libro de las Nieves 59, 60)

CREAF

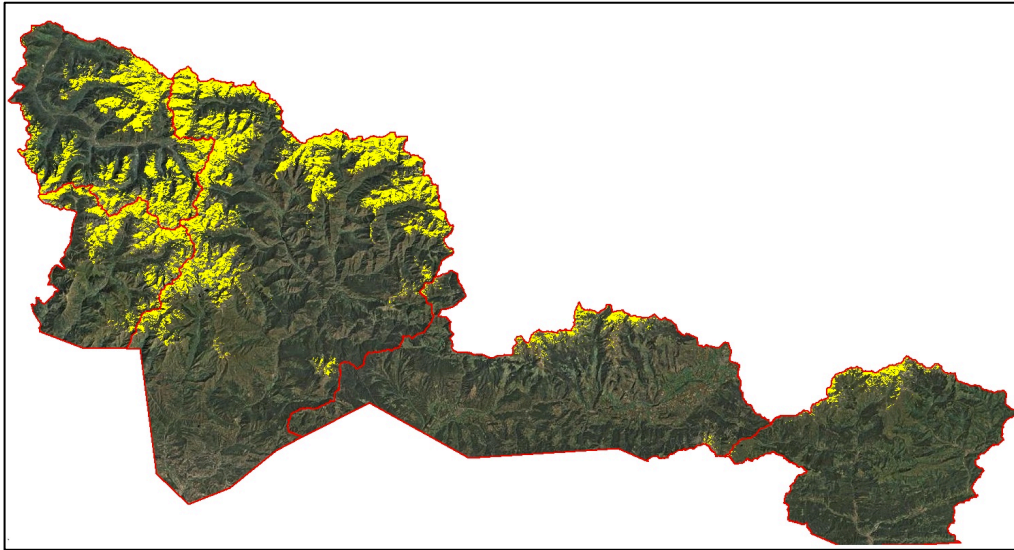


Figura 10: Imatge ràster. Gruix de neu mitjà 2002-2007 al Pirineu català. FONT: Elaboració pròpia a partir de informació facilitada pel CREAF

Com es pot observar en el mapa de sobre, els gruixos de neu mitjans per al període 2002-2007, s'acumulen de forma més notòria al Pirineu occidental català. La franja nord-pallaresa i la Vall d'Aran marquen la zona amb major presència de neu. Més al sud, el Parc Natural d'Aigüestortes també és digne de menció, així com les franges més septentrionals de la conca del Segre i del Ter.

COCLUSIONS

La dècada dels noranta presenta uns registres dels coeficients de variabilitat molt inferiors a la primera dècada del S.XXI, que assolint uns registres molt més alts, resulten uns coeficients de variabilitat alts per a tota la sèrie 1987-2010. Per tant, l'alta variabilitat en el gruix de neu en els darrers anys és proporcionalment més elevada que la baixa variabilitat dels anys noranta.

El mes de gener, moment de formació del mantell nival és el que experimenta una major variació. D'aquesta manera el gruix de neu al principi de l'hivern esdevé incert i a mesura que transcorren els mesos el mantell es va consolidant assolint uns registres de variabilitat més baixos en l'etapa de fusió del mantell. Aquest fet es confirma a partir dels registres mensuals per sota la mitjana, amb un 61% dels mesos en els que no s'assoleix el gruix mitjà. Això es deu principalment a començaments d'hiverns concrets amb nevades molt intenses que fan augmentar la mitjana del gruix.

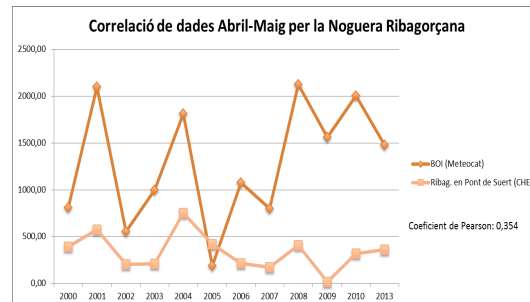
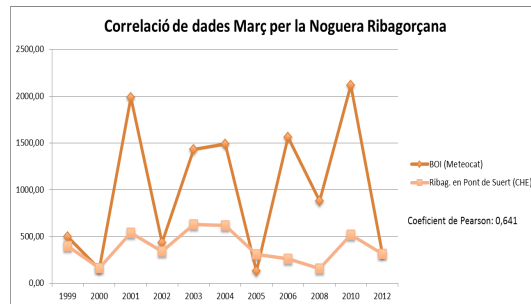
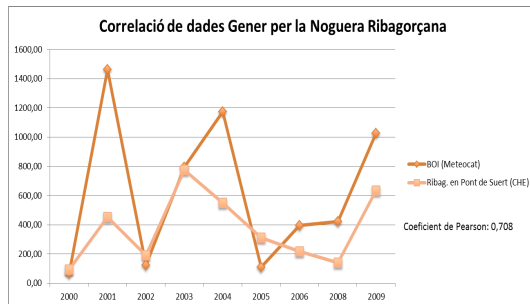
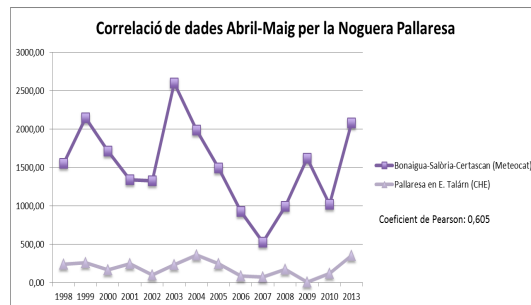
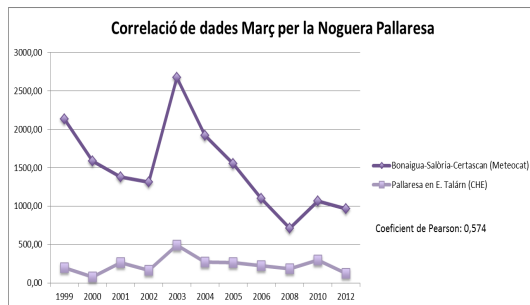
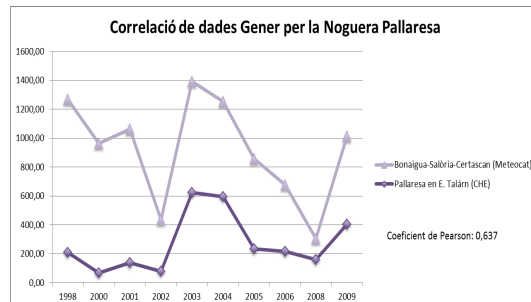
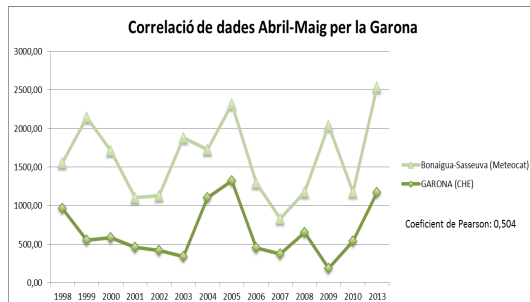
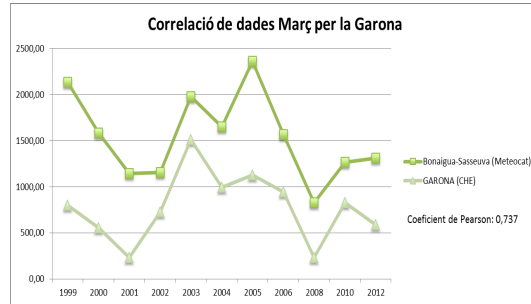
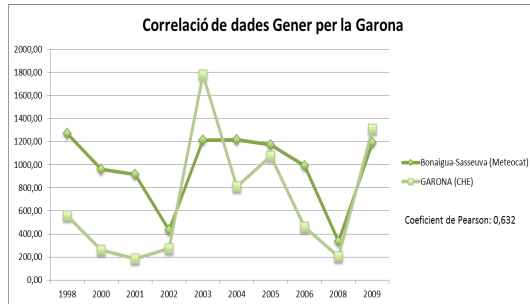
El mes de març assoleix els registres màxims de neu a la dècada dels noranta, mostrant un comportament que contrasta amb el mes de gener. En aquest sentit, pels registres d'abril-maig, els màxims es donen de forma anàrquica, sense poder establir un període on aquests siguin protagonistes, tot i que s'aprecia una clara tendència descendent en els gruixos. Per tant, si el març ha deixat de ser un mes amb registres màxims, es confirma l'alt grau de variabilitat del gruix de neu on sovint, intenses onades de calor en el transcurs de l'hivern interrompen l'augment del mantell fent-lo davallar per després, amb les precipitacions equinoccials, fer-lo augmentar de nou. Certament, es donen registres màxims en els últims anys per als mesos d'abril-maig i per tant cal atribuir aquest fet a l'entrada de fronts freds que deixen gruixos importants al final de l'hivern. Tot i així, la major part dels hiverns, experimenten una davallada en els registres mitjans per a la fase de fusió del mantell. Així, es pot concloure que les temperatures més elevades contribueixen a una més ràpida fusió de la neu, tal i com s'ha pogut observar amb la clara tendència a l'alça de les temperatures al gràfic de l'estació de La Molina.

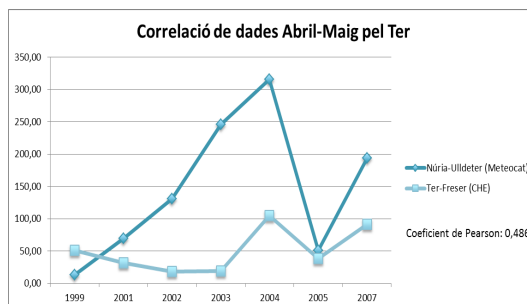
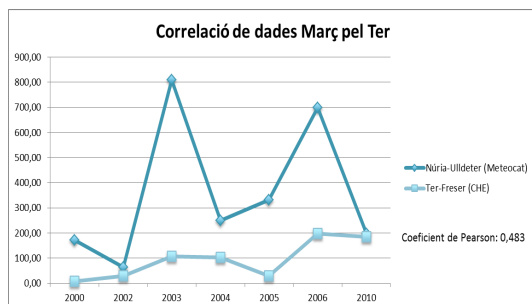
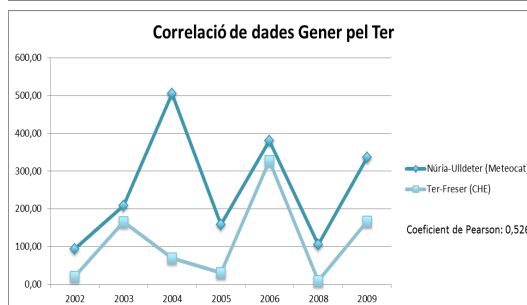
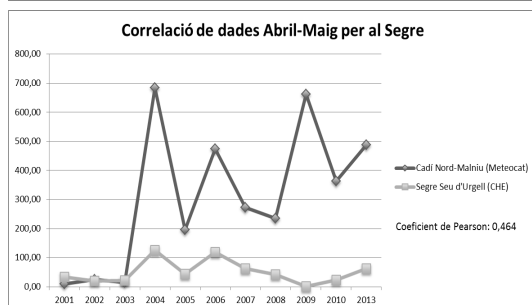
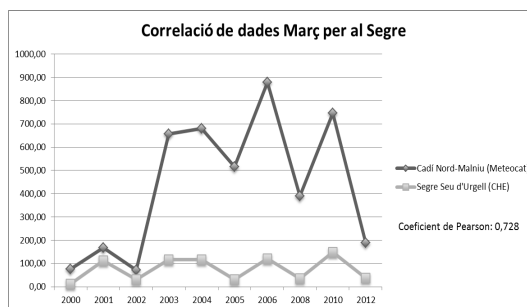
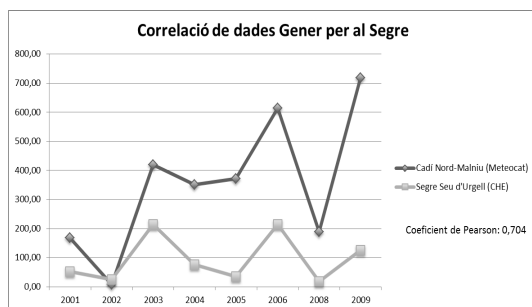
Geogràficament, les variacions del mantell nival prenen un patró ascendent i progressiu en sentit oest-est. Així, la conca del Ter és la zona amb més variabilitat, tant per mesos com per períodes, evidenciant que l'augment de temperatures està incidint de forma més notòria allà on la isozero mitjana hivernal és més alta per la influència del mar mediterrani.

Tots els resultats aquí presentats corroboren els estudis als quals s'ha fet referència. Les conclusions fan evident l'augment de les temperatures degut a l'escalfament global alhora que presenten afectacions a nivell regional. Aquestes afectacions, poden servir com a fonament per establir mesures que permetin avançar-se a un esdevenir fins ara incert, difícilment compatible amb el model territorial que s'ha desenvolupat als Pirineus catalans en les últimes dècades.

ANNEX

DADES CORRELACIONADES

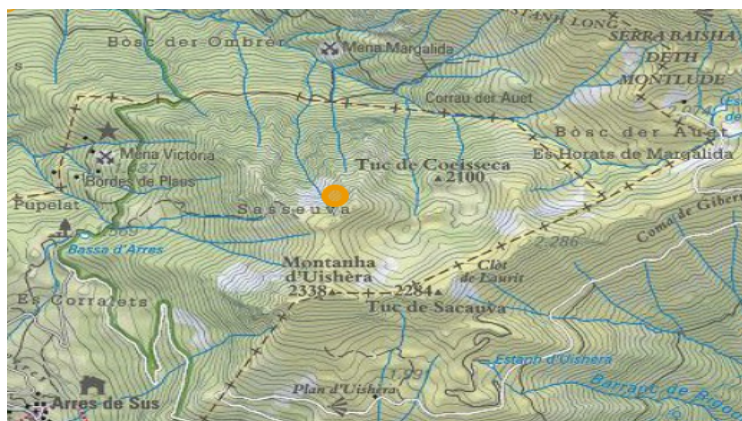




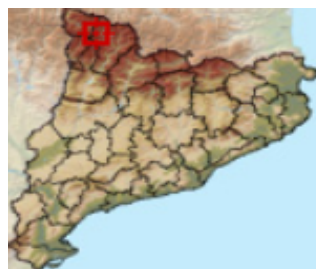
ESTACIONS DEL SMC

Conca de la Garona

ESTACIÓ	MUNICIPI	COMARCA	ALTITUD	UTM X	UTM Y
SASSEUVA	ARRES	VALL D'ARAN	2228	314539	4737984

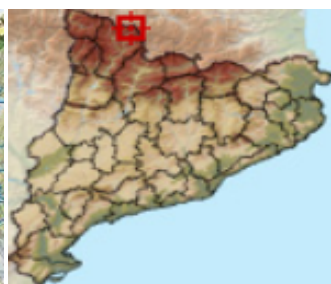
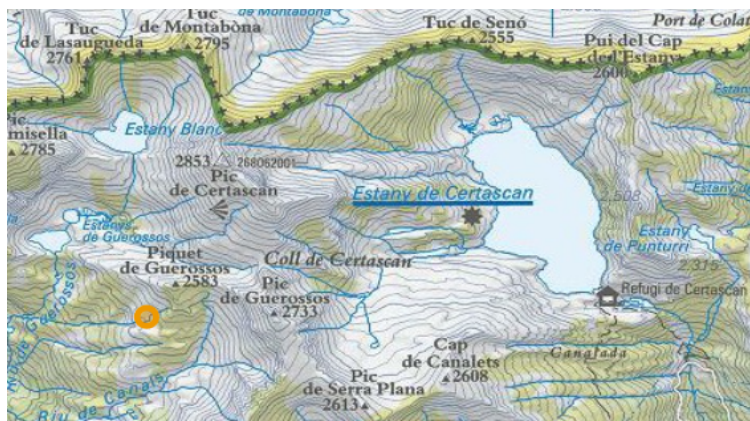


ESTACIÓ	MUNICIPI	COMARCA	ALTITUD	UTM X	UTM Y
BONAIGUA	ALT ÀNEU	PALLARS SOBIRÀ	2266	334902	4723778



Conca de la Noguera Pallaresa⁷

ESTACIÓ	MUNICIPI	COMARCA	ALTITUD	UTM X	UTM Y
CERTASCAN	LLADORRE	PALLARS SOBIRÀ	2400	358563	4729185



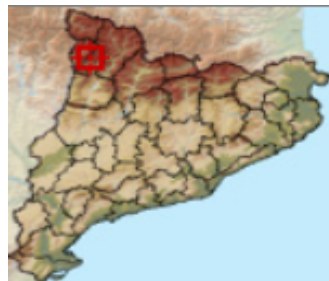
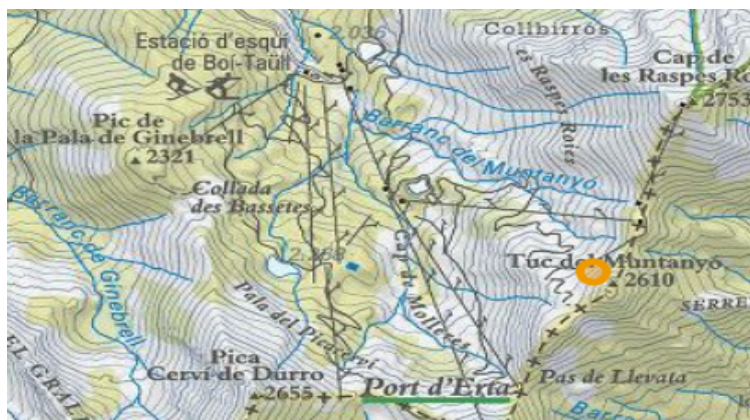
ESTACIÓ	MUNICIPI	COMARCA	ALTITUD	UTM X	UTM Y
SALÒRIA	ALINS	PALLARS SOBIRÀ	2451	365871	4708943



⁷ Bonaigua es considera tant de la conca de la Garona com de la Noguera Pallaresa

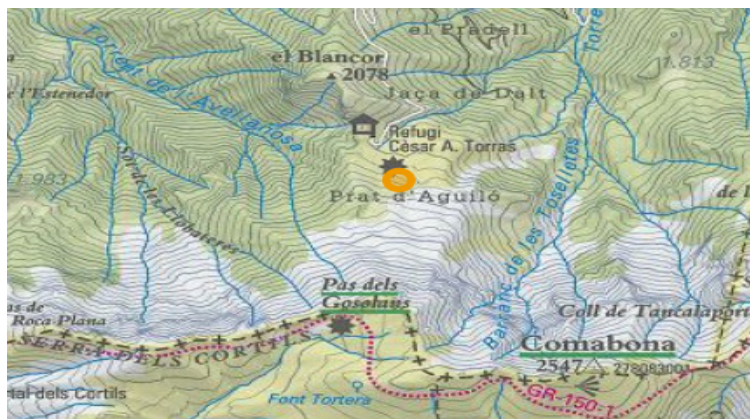
Conca de la Noguera Ribagorçana

ESTACIÓ	MUNICIPI	COMARCA	ALTITUD	UTM X	UTM Y
BOÍ	LA VALL DE BOI	ALTA RIBAGORÇA	2535	326136	4703893



Conca del Segre

ESTACIÓ	MUNICIPI	COMARCA	ALTITUD	UTM X	UTM Y
CADI NORD	MONTELLÀ I MARTINET	CERDANYA	2143	394159	4683273



ESTACIÓ	MUNICIPI	COMARCA	ALTITUD	UTM X	UTM Y
MALNIU	MERANGES	CERDANYA	2230	399672	4702450



Conca del Ter

ESTACIÓ	MUNICIPI	COMARCA	ALTITUD	UTM X	UTM Y
NURIA	QUERALBS	RIPOLLÈS	1971	430564	4694570



ESTACIÓ	MUNICIPI	COMARCA	ALTITUD	UTM X	UTM Y
ULLDETER	SETCASES	RIPOLLÈS	2410	430833	4697020



BIBLIOGRAFIA

Agència Catalana de l'Aigua (2007). *Aigua i Canvi Climàtic*. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de Catalunya

ARÚS, Joan (2008). *Els temporals de Llevant*. <http://oratge.org/LLEVANT.html>

Confederación Hidrográfica del Ebro (2008). *El Programa ERHIN. Datos sobre la nieve y los glaciares en las cordilleras españolas*. Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente

ESTALELLA, Helena (2011). *El clima de Catalunya*. Universitat Autònoma de Barcelona.

MELENDÓ, Javier (2000). *El Clima de montaña: aplicación al Pirineo aragonés*. <http://www.aragoneria.com/boreas/articulos/clima1.htm>

Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente. *Publicaciones y documentación*. http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/13_pirineo_catalan_01_tcm7-46058.pdf

NUNES, Joan (2008). *Estadístics descriptius: Mesures de dispersió*. Universitat Autònoma de Barcelona

Observatorio Pirenaico del Cambio Climático (2012). *El clima cambia, los Pirineos se adaptan*. http://www20.gencat.cat/docs/DAR/DE_Departament/DE02_Estadistiques_observatoris/27_Butlletins/02_Butlletins_ND/Fitxers_estatics_ND/2013_fitxers_estatics/0122_2013_MA_Bosc_CanviClimatic-Pirineus.pdf

Observatorio Pirenaico del Cambio Climático (2013). *Estudio sobre la adaptación al cambio climático en los Pirineos*. http://www.opcc-ctp.org/images/espacedocumentaire/publications/ADAPTATION/adaptacion_sintesisfinal_definitiva.pdf

PEÑA, Juan Carlos; GARCÍA, Carles; ESTEBAN, Pere; MARTÍ, Glòria; PROHOM, Marc (2008). *Oscilación térmica invernal reciente en el pirineo oriental y su relación con la circulación atmosférica. Resultados preliminares*. Servei Meteorològic de Catalunya

Projecte Scampeï (2012). <http://www.cnrm.meteo.fr/scampeï/documents/rapfin/index.php>

Protección Civil. *Propiedades de la nieve*. <http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum12/vdm008.htm>

Servei Meteorològic de Catalunya

WRIGHT, William (2008). *Observando el clima: desafíos para el siglo XXI*. Organización Meteorológica Mundial